



TUGAS AKHIR - TM 141585

**EVALUASI KEBUTUHAN ENERGI PADA SISTEM
PENGKONDISIAN UDARA DAN SISTEM
PENENERANGAN UNTUK LANTAI 6 DAN 7
PADA GEDUNG PUSAT RISET ITS**

**ANUGRAH ADAM ACE PRANATA
NRP. 02111645000013**

**Dosen Pembimbing
Ary Bachtiar Krishna Putra, ST.,MT.,Ph.D
197105241997021001**

**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK MESIN
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018**



TUGAS AKHIR - TM 141585

**EVALUASI KEBUTUHAN ENERGI PADA
SISTEM PENGKONDISIAN UDARA DAN
SISTEM PENERANGAN UNTUK LANTAI 6
DAN 7 PADA GEDUNG PUSAT RISET ITS**

**ANUGRAH ADAM ACE PRANATA
NRP 02111 645 000013**

**Dosen Pembimbing :
Ary Bachtiar Krishna Putra, ST.,MT.,Ph.D
197105241997021001**

**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK MESIN
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018**



FINAL PROJECT - TM 141585

**EVALUATION OF ENERGY
REQUIREMENTS IN AIR CONDITIONING
SYSTEMS AND LIGHTING SYSTEMS FOR
FLOORS 6 AND 7 ON ITS RESEARCH
CENTER**

**ANUGRAH ADAM ACE PRANATA
NRP 02111 645 000013**

**Counsellor Lecture :
Ary Bachtiar Krishna Putra, ST.,MT.,Ph.D
197105241997021001**

**BACHELOR PROGRAM MECHANICAL ENGINEERING
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2018**

**EVALUASI KEBUTUHAN ENERGI PADA SISTEM
PENGKONDISIAN UDARA DAN SISTEM
PENERANGAN UNTUK LANTAI 6 DAN 7 PADA
GEDUNG PUSAT RISET ITS**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

ANUGRAH ADAM ACE PRANATA

NRP. 02111 645 000013

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Ary Bachtiar K.P., ST., MT., Ph.D. (Pembimbing)
NIP. 197105241997021001
2. Dr. Bambang Sudarmanta, ST., MT. (Penguji I)
NIP. 197301161997021001
3. Bambang Arip Dwiyantoro, ST. (Penguji II)
M.Eng., Ph.D.
NIP. 197804012002121001
4. Dr.Ir. Budi Utomo Kukuh Widodo, (Penguji III)
ME
NIP. 195312191981031001

SURABAYA

JULI, 2018

**EVALUASI KEBUTUHAN ENERGI PADA SISTEM
PENGKONDISIAN UDARA DAN SISTEM
PENERANGAN UNTUK LANTAI 6 DAN 7 PADA
GEDUNG PUSAT RISET ITS**

Nama : Anugrah Adam Ace Pranata
NRP : 021111645000013
Jurusan / Fakultas : Teknik Mesin / Fakultas Teknologi Industri
Dosen Pembimbing : Ary Bachtiar Krishna Putra, ST.,MT.,PhD
Abstrak

Dari data statistik Pembangkit Listrik Negara tahun 2015 mencapai 202.845,82 GWh dan pada tahun 2016 mencapai 216.004,32 GWh atau bisa dibilang meningkat 6,49% dari tahun sebelumnya. Kebutuhan energi yang semakin tinggi tersebut tidak diimbangi dengan persediaan energy yang besar. Kondisi ini menyebabkan nilai energi semakin hari semakin tinggi sehingga penggunaan energi yang efektif dan efisien sangat dibutuhkan. Sesuai dengan inpres nomor 13 tahun 2011 tentang penghematan energi, perlu dilakukan langkah awal penghematan energi yaitu melakukan evaluasi kebutuhan energi listrik di lingkungan institusi pendidikan. Maka dari itu dengan mengevaluasi kebutuhan energi pada sistem pengkondisian udara dan sistem penerangan akan memberikan rekomendasi-rekomendasi untuk meningkatkan peluang penghematan energi pada Lantai 6 dan 7 Gedung Pusat Riset ITS Surabaya.

Pada pengkondisian udara, perhitungan beban pendingin mengacu pada standar SNI-03-6390-2011 metode

Cooling Load Temperature Difference (CLTD). Pada sistem penerangan mengacu pada standar SNI 03-6575-2001 tentang tata cara perancangan sistem pencahayaan buatan. Kondisi desain ruangan didasarkan pada comfort zone untuk standar ASHRAE dengan temperatur bola kering $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ dan kelembaban relatif $60\% \pm 10\%$. Untuk pengambilan data perhitungan beban pendinginan dan sistem penerangan akan dibagi menjadi 3 waktu, yaitu pada pagi hari jam 08.00-09.00, siang hari jam 13.00-14.00 dan pada sore hari jam 15.00-16.00.

Kondisi eksisting sistem pengkondisian udara pada lantai 6 A yaitu Indoor unit berkapasitas total 290.200,00 Btu/hr dengan kapasitas maksimal Outdoor unit yaitu 306.000 Btu/hr, kondisi eksisting pada lantai 7 A sama dengan 6A. Sedangkan kondisi eksisting sistem penkondisian udara pada lantai 7 B yaitu indoor unit berkapasitas total 334.800 Btu/hr dengan kapasitas maksimal Outdoor Unit yaitu 363.375,04 Btu/hr. Lalu untuk sistem penerangan pada lantai 6 A yaitu 192,83 Lux pada mushola, 144 Lux pada ruang rapat, 372,16 Lux pada ruang kepala, 372,16 Lux pada ruang wakil kepala, 69,41 Lux pada ruang utama, 664,15 Lux pada ruang ME dan 31 Lux pada Lobby. Untuk lantai 7 A kondisi sistem penerangan eksisting sama seperti lantai 6 A. Sedangkan untuk kondisi eksisting sistem penerangan pada lantai 7B yaitu 194,97 Lux pada ruang laboratorium, 1086,234 Lux pada ruang kerja laboratorium, 1.482,27 Lux pada ruang kerja utama, 349,52 Lux pada ruang utama dan 47,78 Lux pada Lobby 7B

Kata kunci: Evaluasi Kebutuhan Energi, Gedung Pusat Riset ITS, Sistem Penerangan, Sistem Pengkondisian Udara, Lux, SNI 03-6390-2011, SNI 03-6575-2001, Cooling Load Temperature Difference

**EVALUATION OF ENERGY REQUIREMENTS IN
AIR CONDITIONING SYSTEMS AND LIGHTING
SYSTEMS FOR FLOORS 6 AND 7 ON ITS
RESEARCH CENTER**

Nama : Anugrah Adam Ace Pranata
NRP : 021111645000013
Jurusan / Fakultas : Mechanical Engineering /
Industrial Technology Faculty
Dosen Pembimbing : Ary Bachtiar Krishna Putra,
ST.,MT.,PhD
Abstract

From State Power Data statistics in 2015 reached 202.845,82 GWh and in 2016 reached 216.004,32 GWh or could be increased 6,49% from the previous year. The higher energy demand is not balanced with large energy supplies. This condition causes the value of energy increasingly high so that the use of effective and efficient energy is needed. In accordance with Presidential Instruction No. 13 of 2011 on energy savings, it is necessary to do the initial step of energy saving which is to evaluate the need of electric energy in educational institution. Therefore, by evaluating the energy requirements of air conditioning systems and lighting systems will provide recommendations to increase energy saving opportunities on the 6th and 7th Floors of ITS Research Center Building Surabaya.

In air conditioning, cooling load calculations refer to the SNI-03-6390-2011 method of Cooling Load Temperature Difference (CLTD). In lighting system refers to SNI 03-6575-2001 standard on artificial lighting system design procedure. The design conditions of the room are based on a comfort zone for ASHRAE standards with a dry ball temperature of

25°C ± 1°C and a relative humidity of 60% ± 10%. For the collection of cooling load calculation data and lighting system will be divided into 3 time, that is in the morning at 08.00-09.00, noon at 13.00-14.00 and in the afternoon at 15.00-16.00.

Existing condition of air conditioning system on 6th floor A is Indoor unit with total capacity 290.200 Btu / hr with maximum capacity Outdoor unit that is 306.000 Btu / hr, existing condition on floor 7 A equal to 6A. While the existing condition of air conditioning system on the 7th floor B is indoor unit with a total capacity of 334.800 Btu / hr with maximum capacity of Outdoor Unit is 363.375,04 Btu / hr. Then for the lighting system on the 6th floor A is 192.83 Lux at the mosque, 144 Lux in the conference room, 372.16 Lux in headroom, 372.16 Lux on deputy head room, 69,41 Lux in main room, 664,15 Lux in the ME and 31 Lux rooms of the Lobby. For 7th floor A condition of existing lighting system is same as 6th floor A. As for the condition of the existing lighting system on the floor 7B is 194.97 Lux in the laboratory space, 1.086,234 Lux in the laboratory workspace, 1.482,27 Lux in the main workspace, 349.52 Lux in the main room and 47.78 Lux on the Lobby 7B.

Keywords: Energy Requirement Evaluation, ITS Research Center Building, Lighting System, Air Conditioning System, Lux, SNI 03-6390-2011, SNI 03-6575-2001, Cooling Load Temperature Difference

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini penulis telah mendapat bantuan dari berbagai pihak baik secara moril dan materi, sehingga dalam pembuatan laporan ini, saya dengan hormat mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Ary Bachtiar Krishna Putra, ST.,MT.,Ph.D selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan saran, masukan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
2. Bapak Ir. Bambang Pramujati, MSc.Eng, Ph.D selaku koordinator program studi S1 Teknik Mesin FTI-ITS.
3. Orang tua, ibu Siti Nurokim, ayah Suwono dan adik Adinda Rizki Maruta yang senantiasa memberikan do'a restu, kasih sayang dan dukungan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Teman-teman seperjuangan angkatan 2016 atas dukungan serta kebersamaannya selama kuliah di S1 Lj Teknik Mesin FTI-ITS.
5. Iftitah , Zaim , Riska dan Cen yang menjadi teman cerita selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
6. Teman teman perjuangan FIM 20 Pelatwil 4 yang banyak mendoakan untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Laporan Tugas Akhir ini masih begitu banyak kekurangannya, oleh karena itu kritik dan saran sangat diharapkan demi kesempurnaan Tugas Akhir ini. Akhir kata, penyusun berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya.

Surabaya, 31 Juli 2018

Penulis

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

Abstrak.....	i
Abstract.....	iii
Kata Pengantar.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Penelitian Terdahulu.....	5
2.2 Dasar Teori.....	7
2.2.1 Manajemen Energi.....	7
2.2.2 Audit energi.....	8
2.2.3 Konservasi Energi.....	11
2.2.4 Teori Pengkondisian udara.....	11
2.2.5 Beban Pendinginan.....	14
2.2.6 Perhitungan beban pendinginan <i>eksternal</i>	15
2.2.7 Perhitungan beban pendinginan <i>internal</i>	17
2.2.8 Beban total pendinginan.....	18
2.2.9 Faktor keamanan.....	19
2.2.10 Dasar-dasar psikometrik.....	20
2.2.11 Teori sistem penerangan.....	21
2.2.12 Perhitungan penerangan dalam ruangan.....	24
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	29
3.2 Langkah – Langkah Penelitian.....	29
3.2.1 Persiapan awal.....	29
3.2.2 Peralatan.....	30
3.2.3 Data Umum.....	32

3.2.4 Denah Lantai 6 Gedung Pusat Riset ITS.....	33
3.2.5 Denah Lantai 7 Gedung Pusat Riset ITS.....	34
3.3 Metode Penelitian.....	35
3.3.1 Sistem Pengkondisian Udara.....	35
3.4 Diagram Alir Tugas Akhir.....	37
3.5 Diagram Alir pengukuran.....	38
3.5.1 Diagram Alir Pengukuran Temperatur Ruangan Rata-rata.....	38
3.5.2 Diagram Alir Pengukuran Cahaya Lampu Aktual.....	39
3.6 Diagram Alir Perhitungan.....	40
3.6.1 Diagram Alir Perhitungan Beban Pendinginan.....	40
3.6.2 Diagram Alir Perhitungan Sistem Penerangan.....	41
BAB 4 ANALISIS PERHITUNGAN.....	43
4.1 Perhitungan Beban Pendinginan.....	43
4.1.1 Perhitungan beban transmisi pada dinding.....	45
4.1.2 Perhitungan beban transmisi pada kaca.....	48
4.1.3 Beban Radiasi Melalui Kaca.....	49
4.1.4 Perhitungan beban infiltrasi dan ventilasi.....	49
4.1.5 Perhitungan beban pendinginan partisi.....	51
4.1.6 Perhitungan beban penerangan.....	56
4.1.7 Perhitungan beban penghuni.....	56
4.1.8 Perhitungan beban peralatan listrik.....	57
4.1.9 Beban total pendinginan.....	58
4.2 Analisa Sistem Pengkondisian Udara.....	61
4.2.1 Hasil Perhitungan beban pendinginan sistem pengkondisian udara.....	61
4.2.2 Perbandingan beban pendinginan sistem pengkondisian udara.....	64
4.3 Perhitungan Sistem Penerangan.....	71
4.4 Analisa Sistem Penerangan.....	72

4.4.1 Hasil perhitungan sistem penerangan.....	72
4.4.2 Perbandingan intensitas penerangan.....	74
4.5 Rekomendasi Beban Pendinginan.....	76
4.6 Rekomendasi Pada Sistem Penerangan.....	78
4.6.1 Penambahan jumlah lampu.....	78
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	81
5.1 Kesimpulan.....	81
5.2 Saran.....	82
DAFTAR PUSTAKA.....	83
LAMPIRAN	

(halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Model Sistem pengkondisian udara sederhana.....	11
Gambar 2.2 <i>ASHRAE comfort zone</i> diagram Psikometrik.....	12
Gambar 2.3 Skematik Sistem Pengkondisian Udara VRV..	13
Gambar 2.4 Model Sistem perhitungan beban pendinginan.....	14
Gambar 2.5 Kerangka dari bagian Psikometrik.....	20
Gambar 3.1 <i>RH Meter</i>	30
Gambar 3.2 <i>Infrared Termometer</i>	32
Gambar 3.3 <i>Lux Meter</i>	31
Gambar 3.4 <i>Clamp Multimeter</i>	32
Gambar 3.5 Denah Lantai 6.....	33
Gambar 3.6 Denah Lantai 7.....	34
Gambar 3.7 Diagram Alir Penelitian.....	37
Gambar 3.8 Diagram Alir Pengukuran Temperatur rata-rata ruangan.....	38
Gambar 3.9 Diagram Alir Pengukuran Cahaya Lampu Aktual.....	39
Gambar 3.10 Diagram perhitungan Beban Pendinginan.....	40
Gambar 3.11 Diagram perhitungan sistem penerangan.....	41
Gambar 4.1 Dimensi ruang pusat studi PDPM.....	44
Gambar 4.2 Analisa <i>Physycometric</i>	50
Gambar 4.3 Beban pendinginan pukul 07.00, 13.00, 15.00	63
Gambar 4.4 Perbandingan perhitungan beban pendinginan lantai 6 A dengan kapasitas pendinginan	66
Gambar 4.5 Perbandingan perhitungan beban pendinginan lantai 7 Adengan kapasitas pendinginan	67
Gambar 4.6 Perbandingan perhitungan beban pendinginan lantai 7 Bdengan kapasitaspendinginan.....	68

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Standar 100-2015 ASHRAE IKE untuk negara bagian di U.S.....	5
Tabel 2.2 IKE pada JenisGedung.....	5
Tabel 2.3 IKE kriteria ruangan ber AC atau non ber AC.....	6
Tabel 2.4 Efisiensi minimum mesin pendingin ruangan.....	7
Tabel 2.5 Tingkat Pencahayaan rata-rata, renderasi dan temperatur warna yang direkomendasikan.....	14
Tabel 2.6 Daya Pencahayaan Maksimum.....	14
Tabel 2.7 Koefisien Depresiasi berdasarkan Kondisi Ruang.....	16
Tabel 4.1 Kondisi lingkungan.....	29
Tabel 4.2 Penyesuaian arah mata angin.....	29
Tabel 4.3 Nilai resistance dinding luar.....	30
Tabel 4.4 CLTD (°F) dinding.....	30
Tabel 4.5 Latitude Month Correction untuk dinding dan atap Lat.8°.....	31
Tabel 4.6 CLTD (°F) kaca.....	32
Tabel 4.7 Nilai Resistance dinding partisi batu bata.....	36
Tabel 4.8 Nilai Resistance dinding partisi gypsum.....	36
Tabel 4.9 Nilai Resistance langit-langit dan lantai ruangan.....	36
Tabel 4.10 Nilai Resistance pintu.....	36
Tabel 4.11 Total Beban Pendinginan Pusat Studi PDPM.....	41
Tabel 4.12 Total Kapasitas AC terpasang	42
Tabel 4.13 Beban pendinginan lantai 6A pada pukul 09.00, 13.00, 15.00.....	42
Tabel 4.14 Beban pendinginan lantai 7A pada pukul 09.00, 13.00, 15.00.....	42
Tabel 4.15 Beban pendinginan lantai 7B pada pukul 09.00, 13.00, 15.00.....	42
Tabel 4.16 Perbandingan perhitungan beban pendinginan dengan kapasitas AC.....	44
Tabel 4.17 Perbandingan hasil pengukuran temperatur dan RH dengan temperatur dan RH SNI 03-4390-2011.....	48

Tabel 4.18 Nilai Intensitas peneangan rata-rata Pusat Studi	50
Tabel 4.19 Nilai Standar perhitungan dan pengukuran intensitas penerangan.....	51
Tabel 4.20 Beban pendinginan dengan penambahan gorden.....	52
Tabel 4.21 Jumlah lampu dan armature standar	53

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini perkembangan teknologi dan informasi tumbuh dengan pesat sehingga menyebabkan kebutuhan energi bertambah tinggi. Semakin bertambah jumlah penduduk dan meningkatnya aktifitas manusia, kebutuhan akan energi juga semakin tinggi. Dari data statistik Pembangkit Listrik Negara tahun 2015 mencapai 202.845,82 *GWh* dan pada tahun 2016 mencapai 216.004,32 *GWh* atau bisa dibilang meningkat 6,49% dari tahun sebelumnya. Kebutuhan energi yang semakin tinggi tersebut tidak diimbangi dengan persediaan energi yang besar, namun persediaan energi dari tahun ketahun semakin menipis terutama pada sumber energi yang tidak dapat diperbarui seperti minyak bumi, gas alam dan batu bara. Semakin berkurangnya sumber energi tersebut, maka akan menyebabkan terjadinya krisis energi. Hal ini dikarenakan permintaan energi semakin meningkat namun ketersediaan jumlah energi semakin sedikit. Kondisi ini menyebabkan nilai energi semakin hari semakin tinggi sehingga penggunaan energi yang efektif dan efisien sangat dibutuhkan. Karena kondisi tersebut perlu dilakukannya langkah penghematan penggunaan energi.

Proses evaluasi kebutuhan energi listrik pada pemerintahan masih jarang diterapkan di Indonesia, terutama pada bangunan gedung. Hal ini tentu sangat disayangkan karena rekomendasi yang diberikan dapat menghemat penggunaan energi listrik, yang diharapkan dapat menurunkan biaya operasional yang harus dikeluarkan pengelola gedung. Sesuai dengan inpres nomor 13 tahun 2011 tentang penghematan energi, perlu dilakukan langkah awal penghematan energi yaitu melakukan evaluasi kebutuhan energi listrik di lingkungan institusi pendidikan. Kebutuhan energi listrik terbesar pada gedung adalah untuk sistem pengkondisian udara sekitar 37% dan untuk sistem penerangan adalah yang terbesar kedua sekitar 30%. Oleh karena itu

penggunaan energi listrik pada sistem pengkondisian udara dan sistem penerangan harus seefisien mungkin.

Analisa kebutuhan energi listrik untuk sistem penerangan dan pengkondisian udara dapat mengacu pada Standar Nasional Indonesia tentang konservasi energi pada sistem pencahayaan dan tata udara. Dengan mengetahui kebutuhan energi listrik pada suatu gedung dapat dibandingkan dengan kondisi eksisting pada gedung tersebut. Konsumsi energi listrik terbesar dapat dianalisa dan dilakukan penghematan dengan memberikan rekomendasi-rekomendasi.

Penelitian Tugas Akhir ini akan mengankan kasus evaluasi kebutuhan energi listrik yang disebabkan sistem pengkondisian udara di Lantai 6 dan 7 Gedung Pusat Riset ITS Surabaya

1.2 Perumusan Masalah

Dalam penyusunan tugas akhir ini, masalah yang akan dibahas adalah :

1. Bagaimana profil penggunaan energi listrik untuk sistem pengkondisian udara dan sistem penerangan pada Gedung Pusat Riset ITS Lantai 6 dan 7
2. Bagaimana kondisi standar sesuai SNI untuk sistem pengkondisian udara dan sistem penerangan Gedung Pusat Riset ITS Lantai 6 dan 7
3. Bagaimana kondisi eksisting dari sistem pengkondisian udara dan sistem penerangan pada Gedung Pusat Riset ITS Lantai 6 dan 7
4. Apakah ada peluang untuk dilakukan penghematan energi untuk sistem pengkondisian udara dan sistem penerangan pada Gedung Pusat Riset ITS Lantai 6 dan 7
5. Bagaimana rekomendasi untuk standar kenyamanan sesuai SNI pada Gedung Pusat Riset ITS Lantai 6 dan 7

1.3 Tujuan

Dengan mengacu latar belakang dan permasalahan diatas maka tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Mengetahui profil penggunaan energi listrik untuk sistem pengkondisian udara dan sistem penerangan pada Gedung Pusat Riset ITS Lantai 6 dan 7
2. Mengetahui kondisi standar sesuai SNI untuk sistem pengkondisian udara dan sistem penerangan untuk Gedung Riset Pusat ITS Lantai 6 dan 7
3. Mengetahui kondisi eksisting dari sistem pengkondisian udara dan sistem penerangan pada Gedung Pusat Riset ITS Lantai 6 dan 7
4. Mengetahui adanya peluang untuk dilakukan penghematan energi listrik pada Gedung Pusat Riset ITS Lantai 6 dan 7
5. Memberikan alternatif kebijakan atau rekomendasi untuk standar kenyamanan sesuai SNI pada ruang Gedung Pusat Riset ITS Lantai 6 dan 7.

1.4 Batasan Masalah

Dalam pembahasan perencanaan ini, penulis memberikan batasan masalah untuk lebih memfokuskan isi laporan tugas akhir, sebagai berikut :

1. Pengambilan data pada Gedung Riset ITS Lantai 6 dan 7 yang menggunakan sistem pengkondisian udara dan sistem penerangan pada ruangnya
2. Analisa data yang dilakukan adalah pada sistem pengkondisian udara dan sistem penerangan
3. Pada pengkondisian udara, perhitungan beban pendingin mengacu pada standar SNI-03-6390-2011 metode *Cooling Load Temperature Difference* (CLTD)
4. Pada sistem penerangan mengacu pada standar SNI 03-6575-2001 tentang tata cara perancangan sistem pencahayaan buatan

5. Kondisi desain ruangan didasarkan pada *comfort zone* untuk standar *ASHRAE* dengan temperature ruangan yang konstan
6. Gedung Riset ITS Lantai 6 dan 7 terletak pada posisi $07^{\circ}16'52''$ Lintang Selatan dan $112^{\circ}47'50''$ Bujur Timur
7. Peralatan yang digunakan untuk pengambilan data dalam kondisi yang baik dan sudah terkalibrasi
8. Perpindahan panas konduksi, konveksi dan radiasi adalah satu dimensi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Laura Sundarion (2012) dalam tugas akhir yang berjudul “*evaluasi peluang penghematan energy pada lantai 3 gedung mall di Surabaya dengan metode analisa beban pendingin*”. Melakukan penelitian dengan menghitung beban pendingin total untuk seluruh area *food court*. Melakukan perhitungan beban pendinginan meliputi beban eksternal yang terdiri dari beban transmisi melalui dinding luar, atap dan kaca, beban radiasi matahari melalui kaca, beban infiltrasi serta beban ventilasi. Sedangkan beban internal terdiri dari beban partisi, beban penerangan, beban penghuni dan beban peralatan. Diperoleh perhitungan beban untuk area AHU L3-13 313.349,25 watt dengan kapasitas terpasang 246.432 watt, untuk AHU L3-16 486.234,48 watt dengan kapasitas terpasang 481.440 watt dan untuk AHU L3-11,12 77.319,33 watt dengan kapasitas terpasang 712.432 watt. Memberikan rekomendasi penghematan energi dengan mengganti kaca dari *single glass* menjadi *double glass*. Dengan kaca *double glass* diperoleh total beban pendinginan sebesar 313.067,70 watt untuk AHU L3-13 dan 486.990,47 watt untuk AHU L3-16. Penggunaan kaca *double glass* dapat menghemat sebesar 13% dari total beban. Selain itu penghematan energy dapat dilakukan dengan cara memakai peralatan secara efisien.

Miftahul Huda (2015) dalam tugas akhirnya yang berjudul “*evaluasi kebutuhan energi pada sistem pengkondisian udara dan sistem penerangan untuk ruang laboratorium jurusan teknik mesin ITS Surabaya*”. Melakukan penelitian dengan menghitung beban pendingin total dan beban penerangan untuk seluruh laboratorium. Melakukan perhitungan beban pendinginan meliputi beban eksternal yang terdiri dari beban transmisi melalui dinding luar, atap dan kaca, beban radiasi matahari melalui kaca, beban infiltrasi serta beban ventilasi. Sedangkan beban internal terdiri dari beban partisi,

beban penerangan, beban penghuni dan beban peralatan. Perhitungan pada sistem pengkondisian udara untuk Lab. Pendingin 11.993 watt dengan kapasitas terpasang 8.950 watt, untuk Lab. Mekanika Fluida 16.615 watt dengan kapasitas terpasang 176.521 watt, untuk Lab Vibrasi 2.666 watt dengan kapasitas terpasang 5.250 watt, untuk Lab Metallurgi 12.746 watt dengan kapasitas terpasang 2.638 watt, untuk Lab Otomasi 20.840 watt dengan kapasitas terpasang 21.026 watt, untuk Lab Desain 12.298 watt dengan kapasitas terpasang 15.750 watt, untuk Lab CAE 13.127 watt dengan kapasitas terpasang 10.500 watt, untuk lab Komputer 1 22.619 watt dengan kapasitas terpasang 21.109 watt, untuk lab Komputer 2 21.789 watt dengan kapasitas terpasang 18.388 watt, untuk Lab Gambar 14.594 watt dengan kapasitas terpasang 15.805 watt, untuk Lab Mekanika Benda Padat 6.609 watt dengan kapasitas terpasang 7.888 watt, untuk Lab Kompor 7.656 watt dengan kapasitas terpasang 7.151 watt, untuk Lab Motor Bakar 4.380 watt dengan kapasitas terpasang 3.575 watt, untuk Lab Perpindahan Panas 6.552 watt dengan kapasitas terpasang 13.192 watt, untuk Lab Sistem Manufaktur 12.689 watt dengan kapasitas terpasang 19.435 watt, untuk Lab perencanaan & Pengembangan Produk 17.209 watt dengan kapasitas terpasang 25.593 watt.

Memberikan rekomendasi penghematan energy pada sistem pengkondisian udara dengan menambah gorden pada sisi dalam jendela kaca, mengganti refrigerant sebelumnya dengan musicool dan mengganti lampu TL-D dengan LED. Penambahan gorden dapat menghemat sebesar 8%, penggantian refrigerant musicool dapat menghemat sebesar 10% dan penggantian lampu LED dapat menghemat sebesar 2,4% dari total beban pendinginan.

Kemudian penulis juga melakukan analisa perhitungan dari sistem penerangan sesuai SNI 03-6575-2011 untuk Lab. Pendingin 1.523 watt dengan kapasitas yang terpasang 1.296 watt, untuk Lab. Mekanika Fluida 2.691 watt dengan kapasitas terpasang 462 watt, untuk Lab Vibrasi 540 watt dengan kapasitas terpasang 288 watt, untuk Lab Metallurgi 1.974 watt dengan kapasitas terpasang 936

watt, untuk Lab Otomasi 2.493 watt dengan kapasitas terpasang 3.132 watt, untuk Lab Desain 1.687 watt dengan kapasitas terpasang 2.160 watt, untuk Lab CAE 785 watt dengan kapasitas terpasang 648 watt, untuk lab Komputer 1 1.169 watt dengan kapasitas terpasang 864 watt, untuk lab Komputer 2 1.142 watt dengan kapasitas terpasang 864 watt, untuk Lab Gambar 2.392 watt dengan kapasitas terpasang 864 watt, untuk Lab Mekanika Benda Padat 1.446 watt dengan kapasitas terpasang 792 watt, untuk Lab Kompom 1.541 watt dengan kapasitas terpasang 360 watt, untuk Lab Motor Bakar 677 watt dengan kapasitas terpasang 432 watt, untuk Lab Perpindahan Panas 1.520 watt dengan kapasitas terpasang 154 watt, untuk Lab Sistem Manufaktur 1.301 watt dengan kapasitas terpasang 216 watt, untuk Lab perencanaan & Pengembangan Produk 1.983 watt dengan kapasitas terpasang 2016 watt.

Memberikan rekomendasi penghematan energi pada sistem penerangan dengan mengganti lampu TL-D dengan LED. Pada kondisi penerangan existing dilakukan pergantian lampu dengan LED akan menghemat 30,11% dari pengeluaran pembayaran untuk listrik. Jika kondisi penerangan existing dilakukan pergantian lampu dengan LED sesuai standar akan menambah daya sekitar 11,5%

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Manajemen Energi

Manajemen energi adalah kegiatan terpadu untuk mengendalikan konsumsi energi agar dapat tercapai pemanfaatan energi yang efektif dan efisien untuk menghasilkan keluaran yang maksimal melalui tindakan teknis secara terstruktur dan ekonomis untuk meminimalisasi pemanfaatan energi termasuk energi untuk proses produksi dan meminimalisasi konsumsi bahan baku dan bahan pendukung. Tujuan dari manajemen energi adalah untuk mengoptimalkan pemanfaatan energi dan meningkatkan efisiensi penggunaan energi.

Manajemen energi memberikan metode yang dapat diaplikasikan sebagai langkah penghematan energi. Manajemen energi tidak hanya mengacu pada permasalahan teknis, namun juga dapat dikaitkan dengan pola perilaku sumber daya manusia yang terlibat dalam penggunaan energi. Pengguna energi diharapkan mampu menggunakan energi seefisien mungkin untuk mengurangi pemborosan energi. Langkah awal yang harus dilakukan adalah dengan melaksanakan audit energi.

2.2.2 Audit energi

Audit energi adalah teknik yang dipakai untuk menghitung besarnya konsumsi energi dan mengenali cara-cara untuk penghematan. Audit energi mampu memberikan detail penggunaan energi yang mencakup konsumsi energi terbesar dan peluang dilakukan penghematan. Rekomendasi yang diberikan dalam proses audit energi tidak hanya terbatas pada substitusi proses-proses operasional ataupun pengurangan/penggantian peralatan yang berpotensi besar terhadap penggunaan energi, namun rekomendasi dapat juga diberikan sebagai standar operasional prosedur yang baik jika diterapkan kepada sumber daya manusia.

Dalam proses audit energi menurut SNI 03- 6196-2011 tentang audit energi pada bangunan gedung dibagi menjadi 3, yaitu ; Audit energi singkat, Audit energi awal, dan audit energi rinci yang akan dijelaskan sebagai berikut:

2.2.2.1 Audit Energi Singkat

Kegiatan audit energi yang meliputi pengumpulan data historis, data dokumentasi bangunan gedung yang tersedia dan observasi, perhitungan intensitas konsumsi energi (IKE) dan kecenderungannya, potensi penghematan energi dan penyusunan laporan audit

2.2.2.2 Audit Energi Awal

Kegiatan audit energi yang meliputi pengumpulan data historis, data dokumentasi bangunan gedung yang tersedia, observasi dan pengukuran sesaat, perhitungan IKE dan

kecenderungannya, potensi penghematan energi dan penyusunan laporan audit.

2.2.2.3 Audit Energi Rinci

Kegiatan audit energi yang dilakukan bila nilai IKE lebih besar dari nilai target yang di tentukan meliputi pengumpulan data historis, data dokumentasi bangunan gedung yang tersedia, observasi dan pengukuran lengkap, perhitungan IKE dan kecenderungannya. Potensi penghematan energi, analisis teknis dan finansial serta penyusunan laporan audit.

Tabel 2.1 Standar 100-2015 *ASHRAE* Intensitas Konsumsi Energi untuk negara bagian di *U.S*

No.	Commercial Building Type	EUIs by Building Type by Climate Zone (kBtu/sf-yr)															
		ASHRAE Climate Zone															
		1A	2A	2B	3A	3B	3C	4A	4B	4C	5A	5B	6A	6B	7	8	
1	Admin/professional office	39	40	39	42	33	39	33	46	40	48	42	54	47	58	81	
2	Bank/other financial	55	57	56	59	46	55	47	65	56	57	68	59	75	67	82	115
3	Government office	49	50	49	52	41	48	42	57	49	50	60	52	67	59	72	101
4	Medical office (non-diag)	33	34	33	35	28	33	29	39	34	34	41	36	46	40	49	69
5	Mixed-use office	45	46	45	48	38	45	39	53	46	47	56	48	62	55	67	94
6	Other office	38	39	38	40	32	37	32	44	38	39	47	40	52	46	56	79
7	Laboratory	179	176	171	175	147	165	159	194	173	179	209	197	232	211	249	331
8	Distribution/ship center	52	16	16	26	11	19	14	27	22	36	30	49	45	60	113	
9	Non-retail warehouse	6	9	8	10	8	9	7	13	11	17	14	24	19	29	54	
10	Convenience store	135	146	135	152	127	139	141	166	150	157	178	162	193	179	208	263
11	Convenience store/gas	198	118	109	122	102	112	114	133	121	126	144	130	156	144	168	212
12	Grocery/food market	112	122	113	127	106	116	118	138	126	131	149	135	161	149	174	219
13	Other food sales	34	37	34	38	32	35	36	42	38	40	45	41	49	45	53	66
14	Fire/police station	66	65	63	64	54	61	59	71	64	66	77	69	85	78	92	122
15	Other public order/safety	60	59	57	59	49	55	53	65	58	60	70	63	78	71	84	111
16	Medical office (diagnostic)	33	32	32	32	30	32	27	32	30	28	30	31	30	31	35	
17	Clinic/other outpatient health	50	48	49	48	45	48	40	48	46	42	46	45	47	45	46	52
18	Refrigerated warehouse	69	68	66	68	57	64	62	75	67	69	81	72	90	82	96	128
19	Religious worship	23	23	22	23	19	22	21	25	23	23	27	26	30	28	33	43
20	Entertainment/culture	23	23	22	23	19	21	21	25	23	23	27	24	30	28	32	43
21	Library	61	61	59	60	50	57	55	67	60	61	72	64	80	73	86	114
22	Recreation	26	26	26	26	22	24	24	29	26	26	31	28	34	31	37	49
23	Social/meeting	28	27	26	27	23	26	25	30	27	28	32	29	36	33	39	51
24	Other public assembly	28	28	27	28	23	26	25	31	27	28	33	30	37	33	39	52
25	College/university	62	61	60	62	45	58	50	72	60	65	78	65	90	78	99	147
26	Elementary/middle school	38	37	36	37	30	35	32	41	36	36	42	37	46	41	49	72
27	High school	45	45	44	46	33	42	37	52	44	47	57	48	66	57	72	107
28	Preschool/daycare	49	48	46	48	39	45	41	52	46	47	54	47	60	53	63	93
29	Other classroom/education	28	28	26	28	18	24	21	29	25	26	32	27	37	32	40	60
30	Fast food	261	269	263	277	227	266	253	305	280	294	332	301	364	333	393	497
31	Restaurant/cafe/teria	141	145	141	150	126	143	137	166	151	156	179	163	199	181	213	288
32	Other food service	77	79	77	82	69	78	75	91	83	85	98	89	107	99	116	146
33	Hospital/inpatient health	142	143	140	141	134	138	139	143	129	135	139	126	142	130	144	166
34	Nursing home/assisted living	94	93	91	93	69	79	75	91	82	84	99	89	109	100	118	156
35	Dormitory/fraternity/sorority	40	43	42	47	31	43	40	58	48	54	55	55	75	66	85	119
36	Hotel	50	51	48	52	47	49	48	55	52	52	57	55	61	59	65	75
37	Motel or inn	55	53	52	51	48	50	46	52	50	48	53	50	56	52	57	89
38	Other lodging	53	50	50	49	46	48	44	49	48	46	50	48	53	50	56	86
39	Vehicle dealership/showroom	49	50	49	53	38	48	42	60	52	52	68	58	78	69	87	124
40	Retail store	28	29	28	30	21	27	24	34	30	30	39	33	45	40	50	71
41	Other retail	49	50	49	52	37	48	42	59	52	52	67	58	78	69	86	124
42	Post office/postal center	43	42	41	42	35	39	38	46	41	43	50	45	56	51	60	79
43	Repair shop	28	28	27	28	23	26	25	31	28	28	33	30	37	34	40	53
44	Vehicle service/repair shop	33	33	32	32	27	31	29	36	32	33	39	35	43	39	46	61
45	Vehicle storage/maintenance	14	14	14	14	12	13	13	16	14	14	17	15	19	17	20	27
46	Other service	60	60	58	59	50	56	54	65	59	60	71	63	78	71	84	112
47	Strip shopping mall	59	59	58	62	46	57	51	71	62	63	82	70	94	84	106	151
48	Enclosed mall	56	56	55	59	44	54	49	68	59	60	78	67	90	80	101	144

Tabel 2.2 tabel IKE pada jenis Gedung

No	Jenis Gedung	IKE [kWh/m ² per Tahun]
1	Perkantoran (Komersial)	240
2	Pusat Perbelanjaan	330
3	Hotel dan Apartemen	300
4	Rumah Sakit	380

Tabel 2.3 Tabel kriteria ruangan ber AC atau non ber AC

Kriteria	Ruangan AC (KWh/m ² /bln)	Ruangan Non AC (KWh/m ² /bln)
Sangat Efisien	4,17 – 7,92	0,84 – 1,67
Efisien	7,92 – 12,08	1,67 – 2,5
Cukup Efisien	12,08 – 14,58	-
Agak Boros	14,58 – 19,17	-
Boros	19,17 – 23,75	2,5 – 3,34
Sangat Boros	23,75 – 37,75	3,34 – 4,17

Tabel 2.4 Efisiensi minimum mesin-mesin refrigerasi

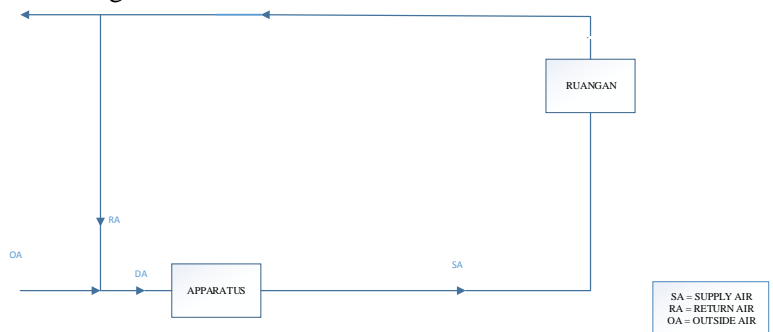
TIPE MESIN REFRIGERASI	Efisiensi minimum	
	COP	KW/TR
Split < 65.000 BTU/h	2,70	1,303
Varriable Refrigerant Value	3,70	0,951
Split Duct	2,60	1,353
Air Cooled Chiller < 150 TR (recip)	2,80	1,256
Air Cooled Chiller < 150 TR (screw)	2,90	1,213
Air Cooled Chiller > 150 TR (recip)	2,80	1,256
Air Cooled Chiller > 150 TR (screw)	3,00	1,172
Water Cooled Chiller < 150 TR (recip)	4,00	0,879
Water Cooled Chiller < 150 TR (screw)	4,10	0,858
Water Cooled Chiller > 150 TR (recip)	4,26	0,826
Water Cooled Chiller > 150 TR (screw)	4,40	0,799
Water Cooled Chiller > 300 TR (centrifugal)	6,05	0,581

2.2.3 Konservasi Energi

Penghematan energi atau konservasi energi adalah tindakan mengurangi jumlah penggunaan energi. Penghematan energi dapat dicapai dengan penggunaan energi secara efisien dimana manfaat yang sama diperoleh dengan menggunakan energi lebih sedikit, ataupun dengan mengurangi konsumsi dan kegiatan yang menggunakan energi. Penghematan energi dapat menyebabkan berkurangnya biaya, serta meningkatnya nilai lingkungan.

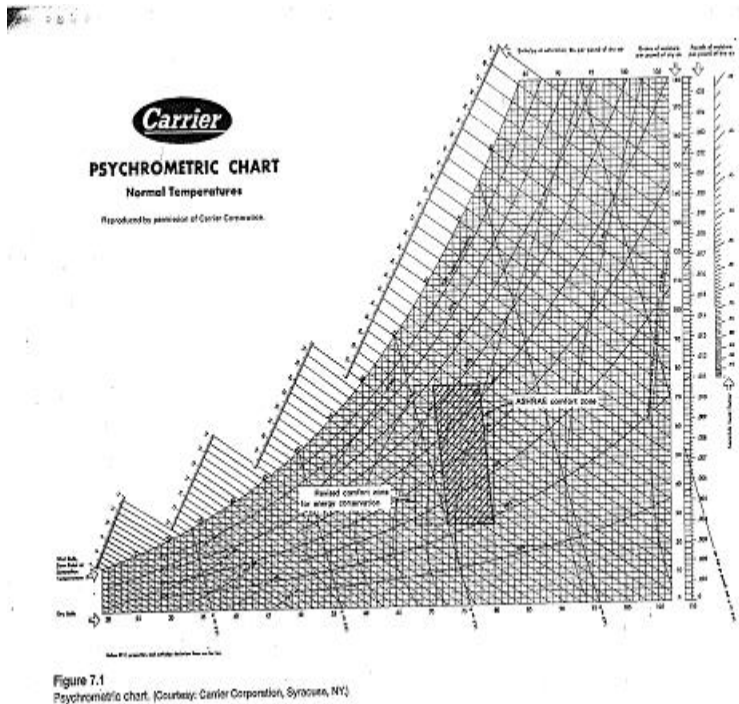
2.2.4 Teori Pengkondisian udara

Proses pengkondisian udara secara sederhana dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2.1 Model Sistem pengkondisian udara sederhana

Pengkondisian udara juga adalah usaha mengolah udara untuk mengendalikan temperature ruangan, kelembaban relatf, kualitas udara dan peyebarannya, untuk menjaga persyaratan kenyamanan (*comfort*) bagi penghuni.



Gambar 2.2 ASHRAE comfort zone

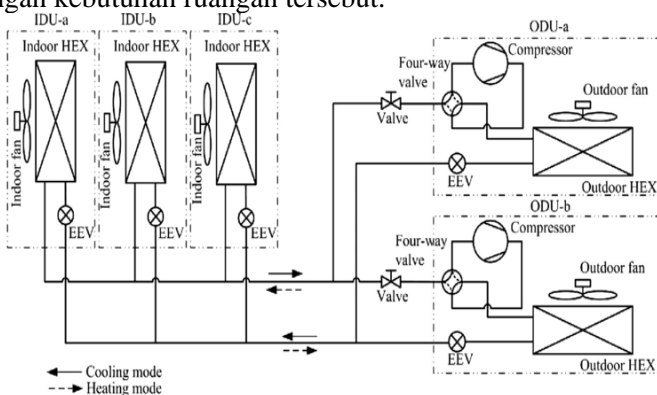
Kondisi udara di dalam ruangan untuk perencanaan dipilih sesuai dengan fungsi dan persyaratan penggunaan ruangan yang dimuat dalam standar. Apabila tidak ditentukan dalam standar, secara umum harus digunakan kondisi perencanaan dengan temperatur bola kering $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ dan kelembaban relatif $60\% \pm 10\%$ untuk kenyamanan penghuni. Kondisi udara di luar untuk perencanaan harus sesuai standar yang berlaku, atau digunakan kondisi udara luar dalam standar lain yang disepakati oleh masyarakat profesi tata udara dan refrigerasi.

Sebagai faktor utama untuk menentukan kapasitas pendinginan sistem tata udara dan refrigerasi, perhitungan

perkiraan beban pendinginan harus dilakukan dengan hati-hati dan sangat cermat pada setiap komponen beban. Perhitungan beban pendinginan maksimum yang terlampaui konservatif, atau terlalu besar faktor keamanannya, akan menyebabkan penentuan kapasitas mesin pendingin yang terlampaui besar. Akibatnya, pada beban parsial, mesin pendingin akan beroperasi jauh di bawah kapasitasnya. Kondisi ini umumnya akan menyebabkan pemakaian energi yang kurang efisien bagi mesin.

2.2.4.1 Sistem AC Variable Refrigerant Volume

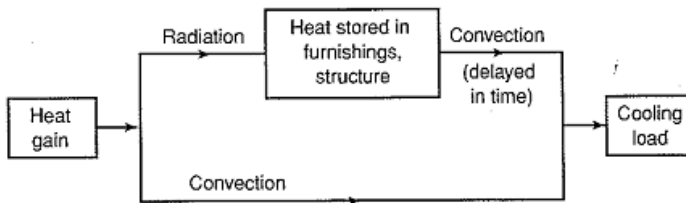
Dalam sistem VRV (*Variable Refrigerant Volume*), beberapa unit evaporator dalam ruangan bisa dikoneksikan hanya satu unit kondensor saja. Dalam satu unit kondensor biasanya memiliki satu atau lebih kompresor yang digerakan oleh motor inverter sehingga kecepatan kompresor bisa bervariasi dengan mengubah frekuensi catu daya ke kompresor. Ketika kecepatan kompresor berubah, maka jumlah refrigerant akan berubah menuju unit evaporator. Setiap *Evaporator* unit mempunya perangkat elektronik sendiri yang dapat diatur secara otomatis untuk mengirim sinyal ke unit kondensor agar refrigerant sesuai dengan kebutuhan ruangan tersebut.



Gambar 2.3 Skematik Sistem Pengkondisian Udara dengan VRV

1.1.1 2.2.5 Beban Pendinginan

Ada banyak faktor yang diperhitungkan dalam menentukan besarnya beban pendinginan pada suatu pengkondisian udara. Faktor-faktor ini mempunyai dampak bagi kapasitas sistem, pengendalian, dan perancangan, serta penempatan sistem saluran udara, atau unit-unit terminal. Sebagai contoh, penempatan unit unit hangat di bawah jendela atau disepanjang dinding luar dapat mengatasi pengaruh suhu rendah dari permukaan-permukaan tersebut.



Gambar 2.4 Model sistem perhitungan beban pendinginan

Perpindahan kalor melalui suatu selubung bangunan dipengaruhi oleh jenis bahan yang digunakan, oleh factor geometris, seperti ukuran, bentuk, dan orientasinya, adanya sumber-sumber kalor dalam, dan faktor-faktor iklim. Secara garis besar, beban pendinginan diklasifikasikan menjadi dua, yaitu beban kalor yang masuk dari luar ruangan ke dalam ruangan (beban *eksternal*) dan beban kalor yang bersumber dari dalam ruangan itu sendiri (beban *internal*). Prosedur perhitungan beban pendingin dengan menggunakan metode *CLTD* adalah sebagai berikut :

- Beban *eksternal* terdiri dari :
 1. Beban transmisi melalui dinding luar, atap dan kaca
 2. Beban radiasi matahari melalui kaca
 3. Beban infiltrasi

4. Beban ventilasi
- Beban *internal* terdiri dari :
 1. Beban partisi
 2. Beban penerangan
 3. Beban penghuni
 4. Beban peralatan

2.2.6 Perhitungan beban pendinginan *eksternal*

2.2.6.1 Beban transmisi melalui dinding luar, atap dan kaca.

Beban transmisi adalah beban yang diakibatkan oleh perpindahan panas konduksi yang mengalir dari luar ruangan ke dalam ruangan melalui dinding bagian luar, atap, dan kaca.

Beban transmisi pada dinding luar, atap dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$Q = U \times A \times CLTD_C \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

Q = Beban Transmisi melalui dinding, atap, dan kaca, (BTU/hr)

U = Overall heat transfer coefficient, (W/m^2K)

A = Luasan dinding, atap, dan kaca, (m^2)

$CLTD_C$ = Cooling Load Temperatur Difference, (K)

Harga $CLTD_C$ dapat langsung menggunakan data dari tabel 6.1 pada lampiran 1 tanpa koreksi jika data yang ada sebagai berikut :

- Warna dinding dan atap gelap
- Temperatur ruangan rancangan 77°F (25°C)
- Temperatur udara luar harian 89,6°F (32°C)
- Letak ruangan / gedung berada pada 07°16'52"LS , 112°47'50"BT, perhitungan dilakukan pada tanggal Mei

Untuk kondisi berbeda, nilai $CLTD_C$ dihitung menggunakan koreksi pada persamaan berikut ini :

$$CLTD_C = \{(CLTD + LM) \times K + (78T_R) + (T_O - 85)\} \dots\dots\dots (2.2)$$

Untuk $CLTD_C$ pada atap dihitung menggunakan persamaan berikut ini :

$$CLTD_C = \{ (CLTD + LM) \times K + (78 - T_R) + (T_O - 85) \} \times f \dots (2.3)$$

Sedangkan $CLTD_C$ pada kaca dihitung menggunakan persamaan berikut ini :

$$CLTD_C = CLTD + (78 - T_R) + (T_O - 85) \dots (2.4)$$

Dimana :

$CLTD$ = Perbedaan temperatur pendinginan, (K) .

LM = Faktor koreksi (*latitude month*).

K = 1 untuk daerah gelap

0,83 untuk warna atap cerah

0,65 untuk warna dinding cerah

T_R = Temperatur udara ruang rancangan,

(K)

f = 0,75 untuk *attic fan*

1 untuk yang lainnya

T_O = Suhu udara luar yang dihitung berdasarkan

persamaan { *Design Outside Temperature* –

$$\left(\frac{\text{daily range}}{2} \right) \} \text{ (K)}$$

Daily range = Temperatur harian rata-rata (K)

2.2.6.2 Beban radiasi matahari melalui kaca

Beban radiasi adalah beban yang diperoleh akibat rambatan energi matahari melalui komponen bangunan yang tembus pandang atau penyerapan oleh komponen bangunan yang tidak tembus cahaya. Beban radiasi kaca dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$Q_{CLF} = SHGF \times A \times SC \times \dots (2.5)$$

Dimana :

$SHGF$ = Faktor panas matahari , (W/m^2). Tabel 6 dilampiran

A = Luasan permukaan kaca , (m^2)

SC = Koefisien bayangan. Tabel 7 dilampiran

CLF = Faktor beban pendinginan untuk kaca .

2.2.6.3 Beban pendinginan melalui ventilai dan infiltrasi

Ventilasi adalah udara yang dibawa ke dalam bangunan dengan sengaja secara mekanis. Infiltrasi adalah laju aliran udara tak terkendali dan tidak disengaja masuk ke dalam gedung melalui celah dan bukaan lainnya akibat penggunaan pintu luar gedung. Infiltrasi disebut juga sebagai kebocoran udara luar ke dalam gedung. Besarnya beban ventilasi dan infiltrasi dapat dihitung menggunakan rumus di bawah ini :

$$Q_s = 1.08 \times \Delta T \times scfm \dots\dots\dots(2.6)$$

$$Q_l = 4840 \times \Delta W \times scfm \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana :

Q_s = Kalor sensibel dari ventilasi dan infiltrasi udara, (BTU/hr)

Q_l = Kalor laten dari ventilasi dan infiltrasi udara, (BTU/hr)

$Scfm$ = infiltrasi udara atau kecepatan ventilasi, (CFM)

ΔT = selisih temperatur di dalam dan di luar ruangan ($^{\circ}F$)

Δw = selisi rasio kelembaban di dalam dan di luar ruangan (lb/lb)

2.2.7 Perhitungan beban pendinginan *internal*

2.2.7.1 Beban pendinginan melalui partisi

Penambahan kalor melalui partisi dinding, langit-langit, kaca dan lantai yang tidak terpapar langsung oleh panas dari luar gedung. Besarnya penambahan kalor dapat dicari dari persamaan di bawah ini :

$$Q = U \times A \times TD \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana :

Q = Kalor perpindahan panas (BTU/hr)

U = Koefisien seluruh perpindahan panas untuk dinding,

lantai dan langit langit (BTU/hr.ft². $^{\circ}F$)

A = Luas area dari langit-langit, dinding ,kaca ,

lantai (ft)

TD = selisih temperatur ($^{\circ}F$)

2.2.7.2 Beban Penerangan

Jumlah perolehan kalor dari ruangan yang disebabkan oleh penerangan tergantung pada daya dan jenis pemasangannya. Energi radiasi dari lampu, mula-mula akan diserap oleh lantai dan peralatan-peralatan didalam ruangan hingga suhunya naik. Oleh karena suhu permukaan-permukaan benda-benda tersebut naik diatas suhu udara, maka dari permukaan-permukaan tersebut kalor dikonveksikan sehingga akhirnya menjadi beban bagi sistem pendinginan. Berikut merupakan rumusan untuk perhitungan beban penerangan :

$$Q = 3,41 \times q_i \times F_u \times F_s \times CLF \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana :

Q = Sensibel cooling load (BTU/hr)

q_i = Total daya lampu (watt)

F_u = Fraksi lampu yang terpasang

F_s = Faktor *Ballast* . $F_s = 1,25$ for *fluorescent*, $F_s = 1$ for *no extra loss*

CLF = Faktor beban pendinginan untuk lampu.

2.2.7.3 Beban Penghuni

Beban penghuni adalah beban yang disebabkan adanya komponen-komponen yang mengisi ruangan tersebut. Dilihat dari berapa banyak penghuni ruangan, total jam, dan kegiatan yang dilakukan oleh penghuni. Berikut merupakan persamaan untuk menghitung beban sensible dan laten penghuni,

Berikut ini merupakan persamaan untuk menghitung beban sensibel :

$$Q_s = q_s \times n \times CLF \dots\dots\dots(2.10)$$

Untuk beban laten manusia :

$$Q_l = q_l \times n \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana:

q_s, q_l = Panas sensible dan laten per manusia

n = banyaknya manusia

CLF = Faktor beban pendinginan untuk manusia.

2.2.7.4 Beban Peralatan

Beban peralatan adalah beban yang diperhitungkan akibat kalor yang keluar dari peralatan-peralatan yang mempengaruhi besarnya beban pendinginan.

Berikut ini merupakan persamaan untuk menghitung beban sensibel :

$$Q_s = n \times q_s \dots\dots\dots(2.12)$$

Untuk beban laten :

$$Q_l = n \times q_l \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana :

q_s = nilai daya peralatan sensibel (BTU/hr)

q_l = nilai daya peralatan laten (BTU/hr)

2.2.8 Beban total pendinginan

Beban total pendinginan adalah jumlah dari *total Sensible Heat (TSH)* dengan *Total Latent Heat (TLH)*. Beban *total sensible* dapat diperoleh dengan menjumlahkan beban-beban *sensible* dari seluruh ruangan. Dan beban-beban *sensible* tiap ruangan berasal dari beban *sensible internal* dan beban *sensible eksternal*. Dari pernyataan tersebut dapat ditulis dengan persamaan :

$$TSH = SH \text{ internal} + SH \text{ Eksternal} \dots\dots\dots(2.14)$$

Dimana :

$$SH \text{ Internal} = Q_s \text{ penghuni} + Q_s \text{ lampu} + Q_s \text{ peralatan} \dots\dots\dots(2.15)$$

$$SH \text{ Eksternal} = Q_s \text{ atap} + Q_s \text{ dinding} + Q_s \text{ kaca} + Q_s \text{ kaca radiasi} \\ + Q_s \text{ lantai} +$$

$$Q_s \text{ Ventilasi} + Q_s \text{ infiltrasi} \dots\dots\dots(2.16)$$

Demikian pula dengan beban *laten total* tiap ruangan yaitu dengan cara menjumlahkan beban-beban *laten* semua ruangan. Beban total tiap ruangan berasal dari beban *laten internal* dan beban *laten eksternal* :

$$TLH = LH \text{ Internal} + LH \text{ Eksternal} \\ \dots\dots\dots(2.17)$$

Dimana :

$$LH \text{ Internal} = QL \text{ penghuni} + QL \text{ peralatan} \dots\dots\dots(2.18)$$

$$LH \text{ Eksternal} = QL \text{ infiltrasi} + QL \text{ ventilasi} \dots\dots\dots(2.19)$$

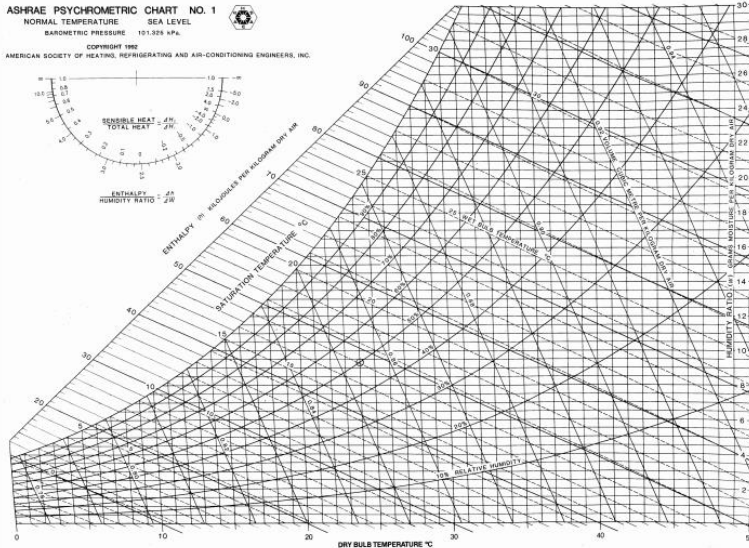
Maka, Beban total pendinginan = $TSH + TLH$ (2.20)

2.2.9 Faktor keamanan

Faktor keamanan perlu ditambahkan pada beban total pendinginan untuk menjaga kemungkinan terjadi kesalahan dalam survey atau perakitan. Harga faktor keamanan terdapat pada standar **ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers) Fundamental tahun 2009**, Chapter 27 dengan minimal sebesar 10% dari beban total pendinginan.

2.2.10 Dasar-dasar psikometrik

Psikometrik merupakan suatu bahasan tentang sifat-sifat campuran udara dengan uap air, dan ini mempunyai arti yang sangat penting dalam pengkondisian udara karena udara pada atmosfer merupakan percampuran antara udara dan uap air, jadi tidak benar-benar kering. Kandungan uap air dalam udara pada suatu keperluan harus dibuang atau ditambahkan.



Gambar 2.5 Kerangka dari bagan psikometrik

Proses udara yang terjadi dalam psikometrik adalah proses pemanasan, proses pendinginan, proses pelembaban, proses penurunan kelembaban, proses pemanasan dan pelembaban, proses pemanasan dan penurunan kelembaban, proses pendinginan dan pelembaban, proses pendinginan dan penurunan kelembaban.

Untuk memahami proses-proses yang terjadi pada psikometrik perlu adanya pemahaman tentang hukum dalton dan sifat-sifat yang ada dalam psikometrik, antara lain :

a) Temperatur bola kering

Temperatur bola kering merupakan temperatur yang terbaca pada termometer sensor kering dan terbuka, namun penunjukan dari temperatur ini tidak tepat karena adanya pengaruh radiasi panas

b) Temperatur bola basah

Temperatur bola basah merupakan temperatur yang terbaca pada termometer dengan sensor yang dibalut dengan kain basah. Untuk mengukur temperatur ini diperlukan aliran udara sekurangnya adalah 5 m/s. Temperatur bola basah sering disebut dengan temperatur jenis adiabatik.

c) Titik embun

Titik embun adalah temperatur air pada keadaan dimana tekanan uapnya sama dengan tekanan uap air udara. Jadi pada temperatur tersebut uap air dalam udara mulai mengembun dan hal tersebut terjadi apabila udara lembab didinginkan. Pada tekanan yang berbeda titik embun uap air akan berbeda, semakin besar tekanannya maka titik embunnya semakin besar.

d) Kelembaban relatif

Kelembaban relatif didefinisikan sebagai perbandingan fraksi molekul uap air di dalam udara basah terhadap fraksi molekul uap air jenuh pada suhu dan tekanan yang sama, atau perbandingan antara tekanan parsial uap air yang ada di dalam udara dengan tekanan

jenuh uap air yang ada pada temperatur yang sama. Kelembaban relatif dapat dikatakan sebagai kemampuan udara untuk menerima kandungan uap air, jadi semakin besar RH semakin kecil kemampuan udara tersebut untuk menyerap uap air.

Kelembaban ini dapat dirumuskan :

$$RH = \frac{P_w}{P_{ws}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(2.21)$$

Dimana :

P_w = Tekanan parsial uap air di temperatur udara

kering

P_{ws} = Tekanan jenuh uap air di temperatur udara

kering

e) Kelembaban spesifik

Kelembaban spesifik (w) adalah berat atau massa air yang terkandung didalam setiap kilogram udara kering, atau perbandingan antara massa uap air dengan massa udara kering yang ada didalam atmosfer.

Kelembaban spesifik dapat dirumuskan L

$$w = \frac{M_w}{M_a} \quad \dots\dots\dots(2.22)$$

Dimana :

w = Kelembaban spesifik (lb/lb)

M_w = Massa uap air (lb)

M_a = Massa udara kering (lb)

f) Entalpi

Entalpi merupakan energi kalor yang dimiliki oleh suatu zat pada temperatur tertentu, atau jumlah energi kalor yang diperlukan untuk memanaskan 1 kg udara

kering dan x kg air (dalam fasa cair) dari 0°C sampai mencapai 1°C dan menguapkannya menjadi uap air.

g) Volume spesifik

Volume spesifik adalah volume dari udara per unit berat dari udara kering dalam satuan m^3/kg .

2.2.11 Teori sistem penerangan

Cahaya merupakan salah satu komponen penting dalam menentukan kenyamanan saat melakukan berbagai aktivitas. Standarisasi pencahayaan pada bangunan gedung bertujuan untuk memperoleh sistem pencahayaan dengan pengoperasian yang optimal sehingga penggunaan energi dapat efisien tanpa harus mengurangi dan mengubah fungsi bangunan, kenyamanan dan produktivitas kerja penghuni serta mempertimbangkan aspek biaya. Besaran-besaran yang perlu diperhatikan dalam pencahayaan yaitu:

a. Fluks cahaya, didefinisikan sebagai energi cahaya/ seluruh jumlah cahaya yang dipancarkan dalam waktu satu detik. Fluks cahaya memiliki satuan lumen.

b. Iluminansi, ialah fluks cahaya yang datang pada suatu permukaan per satuan luas, memiliki satuan lumen per meter kuadrat atau lux.

c. Intensitas cahaya, yaitu jumlah flux cahaya persatuan sudut cahaya yang dipancarkan ke arah tertentu, memiliki satuan kandela.

d. Luminansi, merupakan intensitas cahaya per satuan luas permukaan terproyeksi, memiliki satuan kandela per meter kuadrat.

Tabel 2.5 Tingkat pencahayaan rata-rata, renderasi dan temperatur warna yang direkomendasikan (SNI 03-6197-2011)

Tabel 1 – Tingkat pencahayaan rata-rata, renderansi, dan temperatur warna yang direkomendasikan

Fungsi ruangan	Tingkat pencahayaan (Lux)	Kelompok renderasi warna	Temperatur warna		
			Warm <3300 Kelvin	Warm white 3300Kelvin ~5300Kelvin	Cool Daylight > 5300Kelvin
Rumah tinggal :					
Teras	60	1 atau 2	•	•	
Ruang tamu	150	1 atau 2		•	
Ruang makan	250	1 atau 2	•		
Ruang kerja	300	1			•
Kamar tidur	250	1 atau 2	•	•	
Kamar mandi	250	1 atau 2		•	•
Dapur	250	1 atau 2	•	•	
Garasi	60	3 atau 4		•	•
Perkantoran :					
Ruang resepsionis.	300	1 atau 2	•	•	
Ruang direktur	350	1 atau 2		•	•
Ruang kerja	350	1 atau 2		•	•
Ruang komputer	350	1 atau 2		•	•
Ruang rapat	300	1	•	•	•
Ruang gambar	750	1 atau 2		•	•
Gudang arsip	150	1 atau 2		•	•
Ruang arsip aktif	300	1 atau 2		•	•
Ruang tangga darurat	150	1 atau 2		•	•
Ruang parkir	100	3 atau 4		•	•
Lembaga pendidikan :					
Ruang kelas	350	1 atau 2		•	•
Perpustakaan	300	1 atau 2		•	•
Laboratorium	500	1		•	•
Ruang praktik komputer.	500	1 atau 2		•	•
Ruang laboratorium bahasa.	300	1 atau 2		•	•
Ruang guru	300	1 atau 2		•	•
Ruang olahraga	300	2 atau 3			•
Ruang gambar	750	1		•	•
Kantin	200		•	•	

Tabel 2.6 Daya pencahayaan maksimum

Jenis ruangan bangunan	Daya pencahayaan maksimum W/m ² (termasuk rugi-rugi balast)
Ruang kantor	15
Auditorium	25
Pasar Swalayan	20
Hotel :	
Kamar tamu	17
Daerah umum	20
Rumah Sakit :	
Ruang Pasien.	15
Gudang	5
Kafetaria	10
Garasi	2
Restoran	25
Lobby	10
Tangga	10
Ruang parkir	5
Ruang perkumpulan	20
Industri	20

2.2.12 Perhitungan penerangan dalam ruangan

2.2.12.1 Tingkat pencahayaan rata-rata

Tingkat pencahayaan pada suatu ruangan pada umumnya didefinisikan sebagai tingkat pencahayaan rata-rata pada bidang kerja. Yang dimaksud dengan bidang kerja ialah bidang horisontal imajiner yang terletak pada 0,75 meter di atas lantai pada seluruh ruangan. Tingkat pencahayaan rata-rata Erata-rata (lux), dapat dihitung dengan persamaan :

$$E_{rata-rata} = \frac{F_{total} \times \eta \times kd}{A}$$

(lux)(2.23)

Dimana :

F_{total} = Fluks luminus total dari semua lampu yang

menerangi bidang kerja
 A = Luas bidang kerja (m^2)
 K_p = koefisien penggunaan
 K_d = koefisien depresiasi / penyusutan.

2.2.12.2 Koefisien penggunaan (K_p)

Sebagian dari cahaya yang dipancarkan oleh lampu diserap oleh armatur, sebagian dipancarkan ke arah atas dan sebagian lagi dipancarkan ke arah bawah. Faktor penggunaan didefinisikan sebagai perbandingan antara fluks luminus yang sampai di bidang kerja terhadap keluaran cahaya yang dipancarkan oleh semua lampu. Besarnya koefisien penggunaan dipengaruhi oleh faktor :

- Distribusi intensitas cahaya dari armatur
- Perbandingan antara keluaran cahaya dari armatur dengan keluaran cahaya dari lampu di dalam armatur
- Reflektansi cahaya dari langit-langit, dinding dan lantai
- Pemasangan armatur apakah menempel atau digantung pada langit-langit
- Dimensi ruangan

Besarnya koefisien penggunaan untuk sebuah armatur diberikan dalam bentuk tabel yang dikeluarkan oleh pembuat armatur yang berdasarkan hasil pengujian dari instansi terkait. Pembuat armatur akan memberikan tabel K_p , karena tanpa tabel ini perancangan pencahayaan yang menggunakan armatur tersebut tidak dapat dilakukan dengan baik. Dalam menentukan nilai K_p diperlukan nilai indeks ruang sebagai berikut:

Persamaan indeks ruang :

$$k = \frac{p \times l}{h \times (p + l)} \dots\dots\dots (2.24)$$

Dimana :

p = Panjang ruangan (m)

l = Lebar ruangan (m)

h = Tinggi sumber cahaya diatas bidang

kerja (m).

Indeks ruang dihitung berdasarkan dimensi ruangan yang akan diberi penerangan cahaya lampu. Nilai k hasil perhitungan digunakan untuk menentukan nilai K_p pada tabel. Bila nilai k angkanya tidak ada pada tabel, maka untuk mendapat nilai efisiensi (K_p) dilakukan dengan interpolasi.

Tidak semua cahaya dari lampu mencapai bidang kerja, karena ada yang di pantulkan (faktor refleksi) oleh dinding (W), plafon (C) dan lantai (F). Ke tiga faktor refleksi tersebut untuk membantu pencarian K_p di tabel yang sebelumnya telah diketahui nilai K (Indek Ruang).

- $W = 50\%$ - Dekorasi ringan
30% - Dekorasi moderat
10% - Dekorasi Gelap
- $C = 70\%$, dianggap terang
- $F = 20\%$, dianggap gelap

2.2.12.3 Koefisien depresiasi / penyusutan (kd)

Koefisien depresiasi atau sering disebut juga koefisien rugi-rugi cahaya atau koefisien pemeliharaan, didefinisikan sebagai perbandingan antara tingkat pencahayaan setelah jangka waktu tertentu dari instalasi pencahayaan digunakan terhadap tingkat pencahayaan pada waktu instalasi baru. Besarnya koefisien depresiasi dipengaruhi oleh beberapa hal :

- 1) Kebersihan dari lampu dan armatur
- 2) Kebersihan dari permukaan-permukaan ruangan
- 3) Penurunan keluaran cahaya lampu selama waktu penggunaan
- 4) Penurunan keluaran cahaya lampu karena penurunan tegangan listrik

Tabel 2.7 Koefisien Depresiasi berdasarkan kondisi ruang

Environmental condition	Maintenance factor
Clean	0.9
Average	0.8
Dirty	0.7

Besarnya koefisien depresiasi biasanya ditentukan berdasarkan estimasi. Untuk ruanga dan armatur dengan pemeliharaan yang baik pada umumnya koefisien depresiasi diambil sebesar 0,8.

2.2.13.4 Jumlah Armatur

Untuk menghitung jumlah armatur, terlebih dahulu dihitung fluks luminus total yang diperlukan untuk mendapatkan tingkat pencahayaan yang direncanakan, dengan menggunakan persamaan :

$$F_{\text{total}} = \frac{E \times A}{k_p \times k_d} \quad (\text{lumen}) \dots\dots\dots(2.25)$$

Kemudian jumlah armatur dihitung dengan persamaan :

$$N_{\text{total}} = \frac{F_{\text{total}}}{F_1 \times n} \dots\dots\dots(2.26)$$

Dimana :

E = Tingkat pencahayaan standar (lux)

F_{total} = *Fluks luminous* total dari semua lampu yang menerangi bidang kerja (lumen)

A = Luas bidang kerja (m^2)

K_p = Koefisien penggunaan

K_d = koefisien depresiasi / penyusutan .Tabel 16 dilampiran

N_{total} = Jumlah armatur

F_1 = *Fluks luminous* satu buah lampu

n = Jumlah lampu dalam satu armatur

2.2.13.5 Kebutuhan daya

Daya listrik yang dibutuhkan untuk mendapatkan tingkat pencahayaan rata – rata tertentu pada bidang kerja dihitung dengan

menghitung terlebih dahulu jumlah lampu yang diperlukan dengan persamaan :

$$N_{\text{lampu}} = N_{\text{armatur}} \times n \dots\dots\dots(2.27)$$

Dimana :

N_{lampu} = Jumlah lampu

n = Jumlah lampu dalam satu armatur

N_{armatur} = Jumlah armatur

Daya yang dibutuhkan untuk semua armatur dapat dihitung dengan persamaan:

$$W_{\text{total}} = N_{\text{lampu}} \times W_1 \dots\dots\dots(2.28)$$

Dimana :

W_{total} = daya total yang dibutuhkan (watt)

W_1 = daya setiap lampu (watt)

Dengan membagi daya total dengan luas bidang kerja, didapatkan kepadatan daya (watt/m^2) yang dibutuhkan untuk sistem pencahayaan tersebut.

BAB III METODOLOGI

Pengambilan data tugas akhir ini dilaksanakan di Lantai 6 dan 7 Gedung Pusat Riset ITS di Surabaya. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan pemahaman yang tepat dari data-data primer tentang evaluasi kebutuhan energi . Penulis melakukan studi literatur dan pengamatan langsung di lapangan untuk mendapatkan data yang benar-benar akurat dalam mendukung perhitungan tentang evaluasi kebutuhan energi pada lantai 6 dan 7 Gedung Pusat Riset ITS di Surabaya. Dalam penelitian tentang analisa kebutuhan energi listrik pada sistem penerangan dan sistem pengkondisian udara di lantai 6 dan 7 Gedung Pusat Riset ITS Surabaya, telah ditentukan ruang yang akan dijadikan objek penelitian antara lain :

- Pusat Pengelolaan HKI di Lantai 6
- Pusat Publikasi Ilmiah di Lantai 6
- Pusat Studi Keahlian Bina Profesi di Lantai 7
- Pusat Studi Potensi Daerah dan Pemberdayaan Masyarakat di Lantai 7
- Pusat Studi Kelautan di Lantai 7

Berikut merupakan langkah-langkah dan prosedur penyusunan tugas akhir ini :

3.2 Langkah – Langkah Penelitian

3.2.1 Persiapan awal

Tahap ini meliputi beberapa hal, yaitu :

- Penentuan tema awal tugas akhir, yaitu tentang evaluasi kebutuhan energi di lantai 6 dan 7 di Gedung Pusat Riset ITS
- Pengambilan Data, yaitu kegiatan yang meliputi pengambilan data yang diperlukan dalam analisa tentang evaluasi kebutuhan energi

3.2.2 Peralatan

Dalam Pengambilan data diperlukan peralatan-peralatan yang mendukung untuk memperoleh data penelitian. Peralatan yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan seperti pada gambar berikut :

A. *RH Meter elitech tipe RC-4HC*



Gambar 3.1 *RH Meter*

Alat ukur dengan spesifikasi sebagai berikut :

- *Measurement range* 0-99 %
- Akurasi : $\pm 3\%$ RH (25°C, 20-90%), lainnya , $\pm 5\%$ RH
- Resolusi : 0,1%

B. *Infrared Thermometer IR 60*



Gambar 3.2 *Infrared thermometer*

Alat ukur dengan spesifikasi sebagai berikut :

- *Measurement range* -50°C - 600°C
- Akurasi : 1°C untuk 10°C - 100°C , 2% untuk lainnya
- Distance : Spot ; 8:1
- Resolusi : 0,1
- Emissivity adjustable 0,10 – 1,00

C. *lux Meter* Dekko - 6612



Gambar 3.3 Lux Meter

Alat ukur dengan spesifikasi sebagai berikut :

- *Measurement range* 0-200000 Lux
- Akurasi : $\pm 3\%$
- Resolusi : 0,01 Lux

D. Clamp Meter Krisbow 200A AC/DC



Gambar 3.4 *Clamp Multimeter*

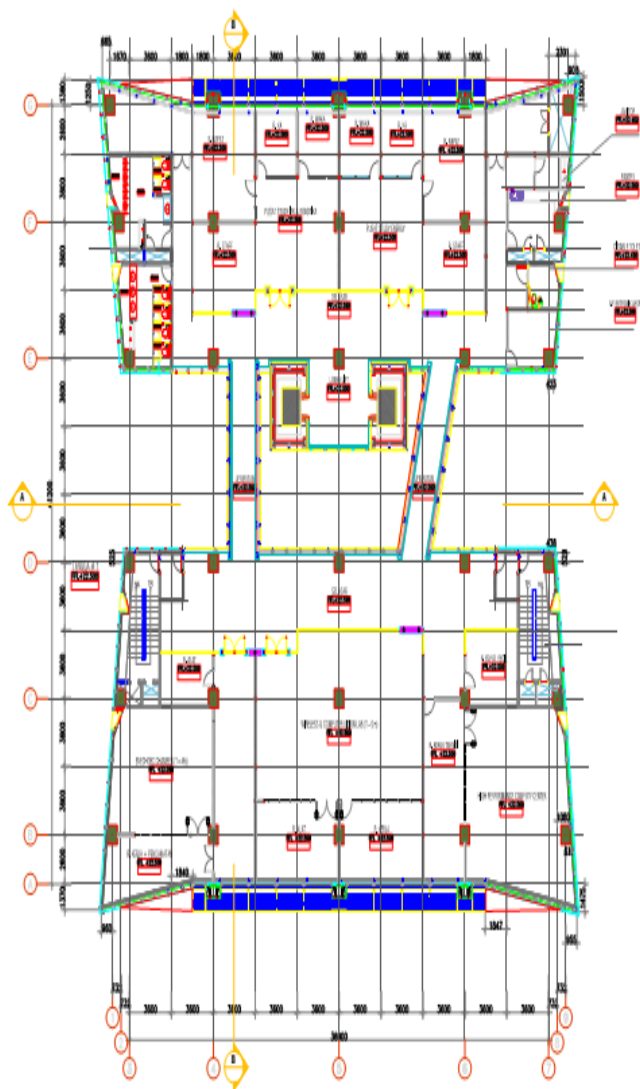
- AC Current (A) : 200 +/- (2,5% + 8d)
- Voltage AC (V) : 600 +/- (3% +5d)

3.2.3 Data Umum

Dengan pengamatan yang dilakukan pada Lantai 6 dan 7 Gedung Pusat Riset ITS maka diperoleh data-data sebagai berikut:

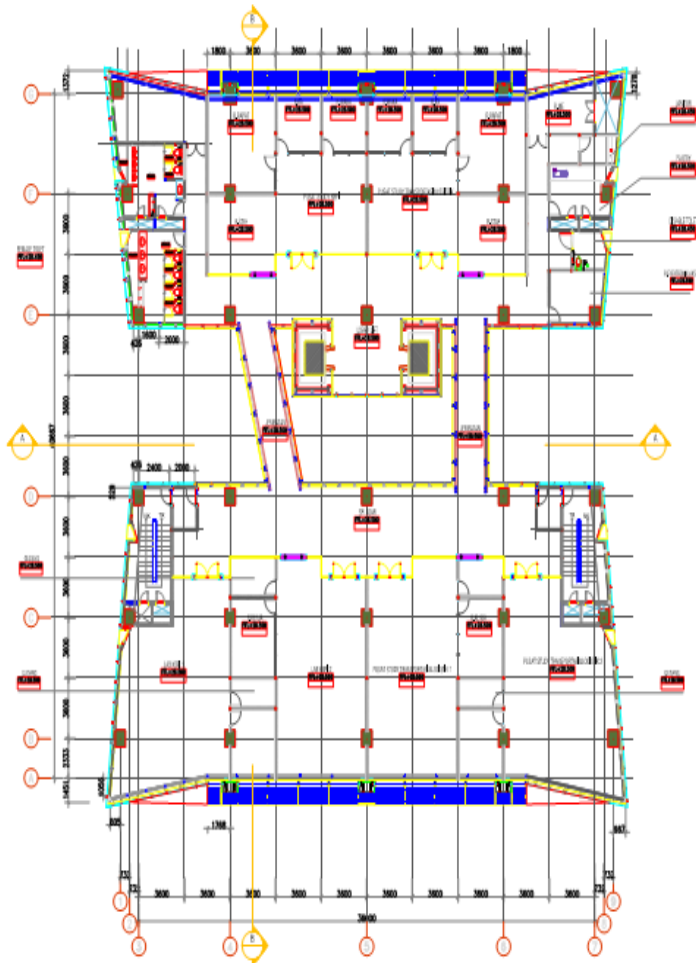
- Objek Penelitian : Lantai 6 dan 7 Gedung Pusat Riset ITS
- Letak Geografis : 07°16'52" Lintang Selatan dan 112°47'50" Bujur Timur
- Jam Kerja : 08.00 – 16.00

3.2.4 Denah Lantai 6 Gedung Pusat Riset ITS



Gambar 3.5 Denah Lantai 6

3.2.5 Denah Lantai 7 Gedung Pusat Riset ITS



Gambar 3.6 Denah Lantai 7

3.3 Metode Penelitian

3.3.1 Sistem Pengkondisian Udara

Sesuai dengan dasar teori diatas yang telah dibahas, beban pendinginan berasal dari bermacam-macam sumber. Untuk itu dibutuhkan beberapa data dimana data-data tersebut digunakan untuk proses perhitungan. Berikut ini akan dijelaskan secara mendetail dari masing-masing sumber yang berpengaruh terhadap beban pendinginan.

a. Manusia

Data yang dibutuhkan adalah jumlah orang dan aktivitasnya dalam suatu ruangan. Memperoleh data pengamatan langsung.

b. Lampu

Data yang diperlukan adalah besarnya total daya lampu yang digunakan. Untuk memperoleh data tersebut, dengan cara melihat data teknis yang diperoleh dari pengelola gedung dapat dilakukan pengamatan langsung ke dalam gedung.

c. Jendela dan Pintu

Data yang diperlukan adalah posisi jendela, tipe kaca, dan luasan jendela serta bahan dan dimensi pintu. Data ini dapat diperoleh dengan cara melihat data teknis yang diperoleh dari pengelola gedung

d. Dinding dan atap

Data yang diperlukan material, ketebalan, luasan, posisi, temperatur udara luar, bahan, dimensi dinding, dan atap. Data ini dapat diperoleh dengan cara melihat data teknis yang diperoleh dari pengelola gedung .

e. Partisi

Data yang diperlukan material, ketebalan, luasan, posisi, temperatur udara luar, bahan dan dimensi partisi. Data ini dapat diperoleh dengan cara melihat data teknis yang diperoleh dari pengelola gedung

f. Infiltrasi

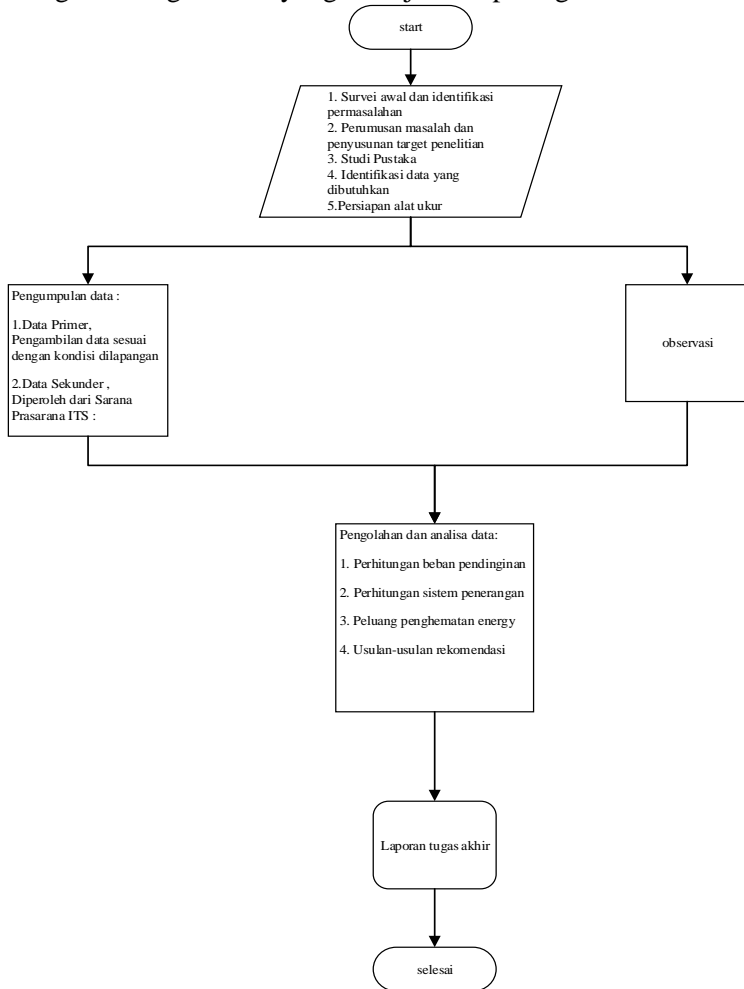
Data yang diperlukan adalah perbedaan temperatur antara didalam gedung dan luar gedung.

g. Peralatan

Data yang diperlukan adalah daya listrik dari peralatan. Diperoleh dengan pengamatan langsung .

3.4 Diagram Alir Tugas Akhir

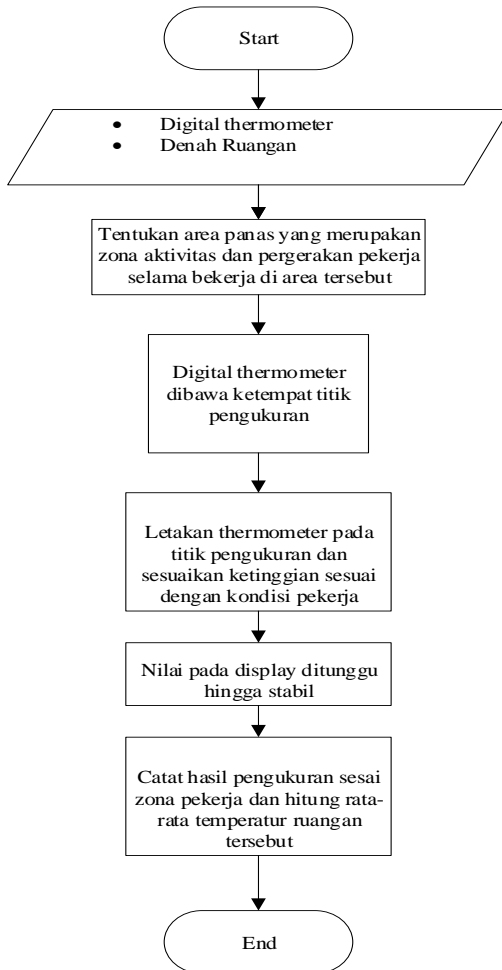
Langkah-langkah penelitian pada Tugas Akhir ini mengikuti diagram alir yang ditunjukkan pada gambar 3.1 :



Gambar 3.7 Diagram alir penelitian

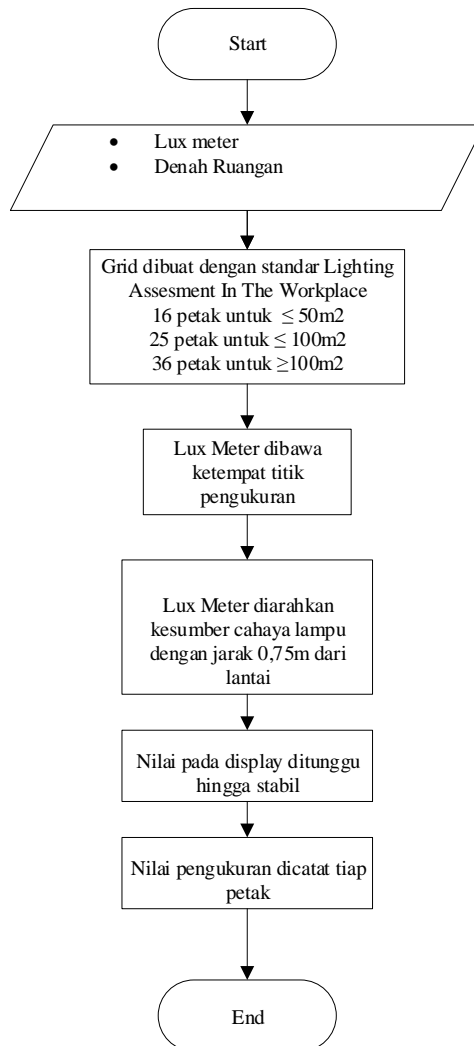
3.5 Diagram Alir pengukuran

Diagram Alir Pengukuran Temperatur Ruangan Rata-rata



Gambar 3.8 Diagram Alir Pengukuran Temperatur Rata-rata Ruangan

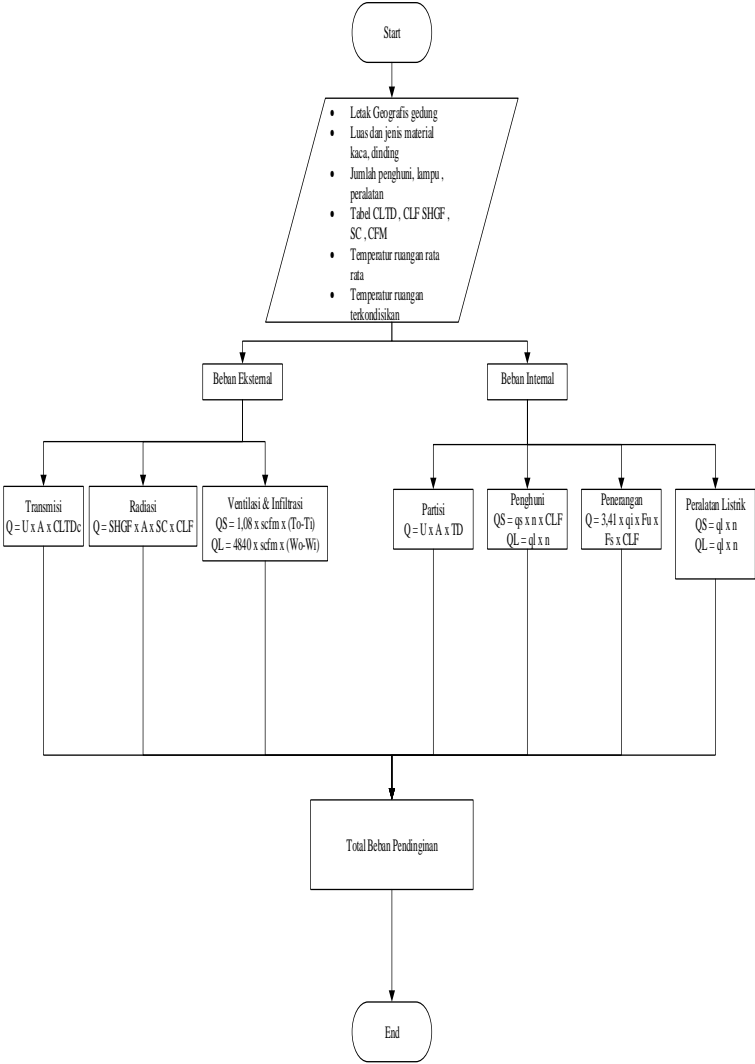
3.5.2 Diagram Alir Pengukuran Cahaya Lampu Aktual



Gambar 3.9 Diagram Alir Pengukuran Cahaya Lampu Aktual

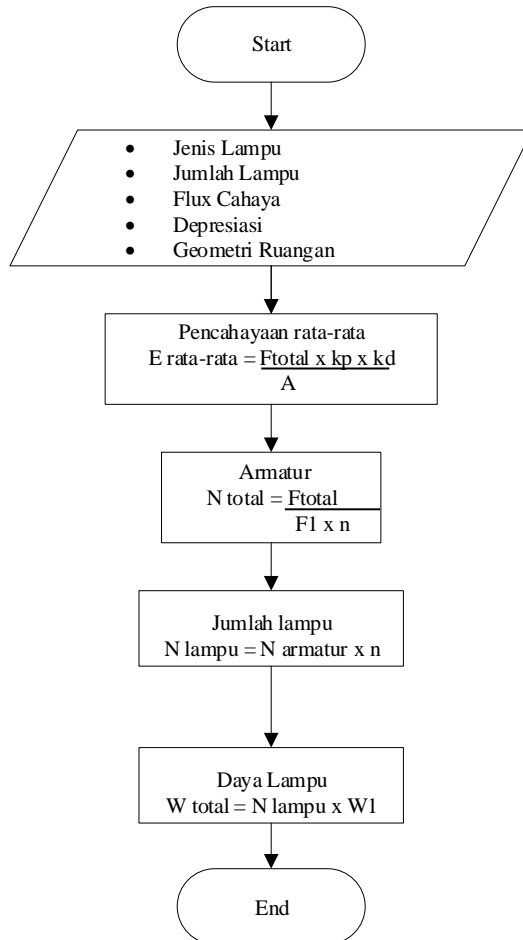
3.6 Diagram Alir Perhitungan

3.6.1 Diagram Alir Perhitungan Beban Pendinginan



Gambar 3.10 Diagram Alir Perhitungan Beban Pendinginan

3.6.2 Diagram Alir Perhitungan Sistem Penerangan



Gambar 3.11 Diagram Alir Perhitungan Beban Penerangan

Halaman sengaja dikosongkan

BAB IV ANALISIS PERHITUNGAN

4.1 Perhitungan Beban Pendinginan

Perhitungan beban pendinginan mengacu pada standar *ASHRAE* (*American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers*) dan standar SNI-03-6390-2011 metode *Cooling Load Temperature Difference* (*CLTD*). Untuk contoh perhitungan dilakukan pada Pusat Studi Potensi Daerah dan Pemberdayaan Masyarakat (PDPM) yang terletak di Lantai 7 sisi A Gedung Pusat Riset ITS. Berdasarkan metode tersebut, ditentukan data- data yang diperlukan untuk perhitungan beban pendinginan. Data yang ditentukan mengacu pada standar kenyamanan dan kondisi saat dilakukan pengambilan data dengan data ditunjukkan pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Kondisi lingkungan

Uraian	Keterangan
Bulan Pendataan	Mei 2018
Letak Geografis	07°16'52"LS , 112°47'50"BT
Temperatur rancangan	25°C
RH rancangan	55%
Temperatur luar ruangan	32°C <i>AccuWeather</i>
RH luar ruangan	80% <i>AccuWeather</i>

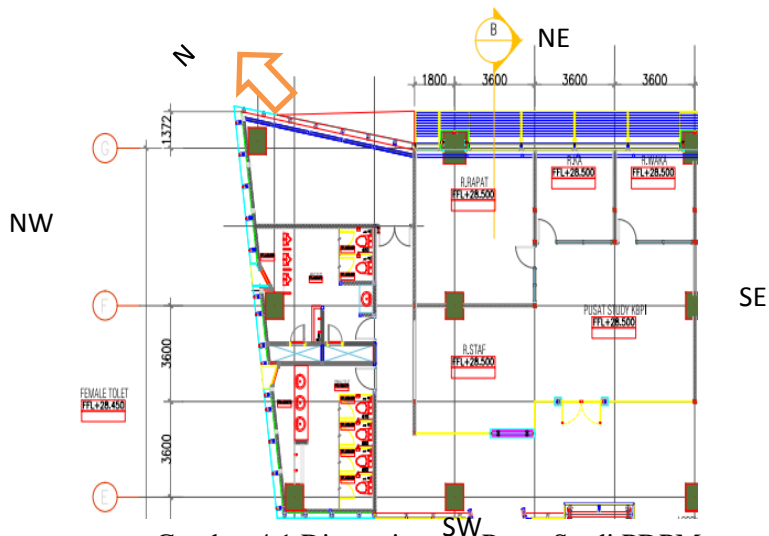
Data-data yang terdapat pada tabel *ASHRAE* diperuntukan untuk daerah yang terletak di Lintang Utara, sedangkan Gedung Pusat Riset ITS Surabaya terletak di Lintang Selatan sehingga bulan yang dipilih ditambah 6 bulan dari bulan pendataan. Pada penelitian ini pengambilan data dilakukan pada bulan Mei sehingga data yang diambil pada tabel *ASHRAE* adalah untuk bulan November. Sedangkan untuk arah mata angin agar tabel-tabel tersebut dapat digunakan untuk daerah yang berlokasi di Lintang Selatan maka arah mata anginnya perlu disesuaikan seperti pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Penyesuaian arah mata angin

Lintang Utara	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
---------------	---	----	---	----	---	----	---	----

Lintang Selatan	S	SE	E	NE	N	NW	W	SW
-----------------	---	----	---	----	---	----	---	----

Perhitungan beban pendinginan dilakukan hanya 3 waktu yaitu pukul 09.00, pukul 13.00, dan pukul 15.00 karena mengikuti jam operasional kantor pada umumnya. Dengan mengacu pada tiga waktu tersebut dapat diketahui beban pendinginan maksimal berada pada waktu yang mana. Contoh perhitungan beban pendinginan dengan menggunakan metode CLTD pada Pusat Studi PDPM diambil sample pada waktu 13.00 untuk melakukan perhitungan beban pendinginan diperlukan data dimensi dari ruang Pusat Studi PDPM untuk mengetahui luasan dinding, kaca, atap,partisi,langit-langit,suhu dan *RH*,peralatan elektronik, dan jumlah penghuni. Gambar dari dimensi ruang Pusat Studi PDPM adalah sebagai berikut



Gambar 4.1 Dimensi ruang Pusat Studi PDPM

4.1.1 Perhitungan beban transmisi pada dinding

Konstruksi dinding luar gedung terdiri dari *Cement Plester, Concreate, Common Brick* dan *ACP*. Nilai U untuk dinding mengacu pada *ASHRAE* didapatkan nilai $U = 0,23 \text{ Btu/hr.ft}^2.\text{°F}$. Untuk dinding yang berwarna terang mempunyai nilai $K = 0,65$. Untuk menghitung $CLTD_c$ pada dinding dapat menggunakan persamaan 2.2.

Tabel 4.3 Nilai *resistance* dinding luar (*ASHRAE*)

No	Bahan	R
1	<i>Inside Surface Resistance</i>	0,68
2	<i>Plester, Lightweight Aggregate 0,625in</i>	0,39
3	<i>Concreate Block 4in</i>	0,7
4	<i>Common Brick, 4in</i>	0,8
5	<i>Plester, Lightweight Aggregate 0,625in</i>	0,39
6	<i>Air Space</i>	0,91
7	<i>ACP</i>	0,25
8	<i>Outside Surface Resistance</i>	0,17
TOTAL (hr.ft².oF/Btu)		4,3

Diperoleh Nilai $U_{\text{dinding luar}} = 1/R_{\text{tot}} = 0,23 \text{ Btu/hr.ft}^2.\text{°F}$

Tabel 4.4 *CLTD* (°F) dinding (*ASHRAE*)

North Latitude Wall Facing	Solar Time , Hr																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
S	15	13	12	10	9	7	6	6	6	6	6	7	8	10	12	13	15	17	18	19	19	18	16	
SE	17	15	13	11	10	8	7	8	10	14	17	20	22	23	23	24	24	25	25	24	23	22	20	18
E	19	17	15	13	11	9	8	9	12	17	22	27	30	33	33	33	32	32	31	30	28	26	24	22
NE	20	17	15	13	11	10	8	8	10	13	17	22	26	31	31	32	32	32	31	30	28	26	24	22
N	19	17	15	13	11	9	8	7	6	6	7	9	12	20	20	24	27	29	29	29	27	26	24	22
NW	28	25	22	19	16	14	12	10	9	8	8	8	10	16	16	21	27	32	36	36	38	37	34	31
W	31	27	24	21	18	15	13	11	10	9	9	9	10	14	14	18	24	30	36	36	41	40	38	34
SW	25	22	19	17	14	12	10	19	8	7	7	8	9	12	12	14	18	22	27	27	32	32	30	27

Tabel 4.5 *Latitude-month Correction* untuk dinding dan atap Lat.8

Month	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	HOR
		NNW	NW	WNW	W	WSW	SW	SSW		
DEC	-4	-6	-6	-6	-3	0	4	8	12	-5
JAN/NOV	-3	-5	-6	-5	-2	0	3	6	10	-4
FEB/OCT	-3	-4	-3	-3	-1	-1	1	2	4	-1

MAR/SEPT	-3	-2	-1	-1	-1	-2	-2	-3	-4	0
APR/AUG	2	2	2	0	-1	-4	-5	-7	-7	-1
MAY/JUL	7	5	4	0	-2	-5	-7	-9	-7	-2
JUN	9	6	4	0	-2	-6	-8	-9	-7	-2

Nilai LM didapatkan dari tabel 4.5 untuk dinding dan atap. Dinding Pusat Studi PDPM Gedung Pusat Riset ITS Surabaya yang tersinari matahari langsung adalah sebelah *North West* pada ruang mushola dan *North East* pada ruang mushola, rapat, kepala, dan wakil kepala. Untuk Dinding sebelah utara dengan pengambilan data bulan Mei $LM = 3$ untuk arah *North West* dan *North East*. *Outdoor Design Temperature* (T_o) dihitung sebagai berikut :

$$T_o = T_o \max - \left(\frac{T_o \max - T_o \min}{2} \right)$$

$$T_o = \left[89,6 - \left(\frac{89,6 - 77}{2} \right) \right] ^\circ F$$

$$T_o = 82,4 ^\circ F$$

Dengan desain temperatur ruangan sebesar $77^\circ F$ maka $CLTD_c$ dapat ditentukan. Sebagai perhitungan $CLTD_c$ pada dinding *NW* pada ruang mushola untuk *Solar Time* 13 sebagai berikut :

$$CLTD_c = \{ (CLTD + LM) \times K + (78 - T_R) + (T_o - 85) \}$$

$$CLTD_c = \{ ((9+3) \times 0,65 + (78-77) + (82,4-85)) \}$$

$$CLTD_c = 6,2^\circ F$$

Untuk ruang Mushola dinding sebelah *NW* beban transmisi melalui dinding *NW* adalah sebagai berikut:

$$Q_{NW \text{ Mushola}} = U \times A \times CLTD_c$$

$$Q_{NW \text{ Mushola}} = 0,23 \text{ Btu/hr.ft}^2 \cdot ^\circ F \times 123,48 \text{ ft}^2 \times 6,2^\circ F$$

$$Q_{NW \text{ Mushola}} = 176,082 \text{ Btu/hr}$$

Sebagai perhitungan $CLTD_c$ pada dinding *NE* pada ruang mushola, rapat, kepala dan wakil kepala untuk *Solar Time* 13 sebagai berikut :

$$CLTD_c = \{ (CLTD + LM) \times K + (78 - t_R) + (T_o - 85) \}$$

$$CLTD_c = \{ ((22+3) \times 0,65 + (78-77) + (82,4-85)) \}$$

$$CLTD_c = 14,65^\circ F$$

Untuk ruang mushola, rapat, kepala dan wakil kepala dinding sebelah *NE* beban transmisi melalui dinding *NE* adalah sebagai berikut :

$$A. Q_{NE \text{ Mushola}} = U \times A \times CLTD_c$$

$$Q_{NE \text{ Mushola}} = 0,23 \text{ Btu/hr.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \times 248,92\text{ft}^2 \times 14,65^\circ\text{F}$$

$$Q_{NE \text{ Mushola}} = 838,736 \text{ Btu/hr}$$

$$B. Q_{NE \text{ Rapat}} = U \times A \times CLTD_c$$

$$Q_{NE \text{ Rapat}} = 0,23 \text{ Btu/hr.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \times 79,65\text{ft}^2 \times 14,65^\circ\text{F}$$

$$Q_{NE \text{ Rapat}} = 268,38 \text{ Btu/hr}$$

$$C. Q_{NE \text{ Kepala}} = U \times A \times CLTD_c$$

$$Q_{NE \text{ Kepala}} = 0,23 \text{ Btu/hr.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \times 53,1\text{ft}^2 \times 14,65^\circ\text{F}$$

$$Q_{NE \text{ Kepala}} = 178,92 \text{ Btu/hr}$$

$$D. Q_{NE \text{ Wakil Kepala}} = U \times A \times CLTD_c$$

$$Q_{NE \text{ Wakil Kepala}} = 0,23 \text{ Btu/hr.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \times 53,1\text{ft}^2 \times 14,65^\circ\text{F}$$

$$Q_{NE \text{ Wakil Kepala}} = 178,92 \text{ Btu/hr}$$

Total Beban transmisi melalui dinding :

$$Q_{\text{dinding}} = Q_{NW \text{ Mushola}} + Q_{NE \text{ Mushola}} + Q_{NE \text{ Rapat}} + Q_{NE \text{ Kepala}} + Q_{NE \text{ Wakil Kepala}}$$

Wakil Kepala

$$Q_{\text{dinding}} = 176,082 \text{ Btu/hr} + 838,736 \text{ Btu/hr} + 268,38 \text{ Btu/hr} + 178,92 \text{ Btu/hr} + 178,92 \text{ Btu/hr}$$

$$Q_{\text{dinding}} = 1.641,038 \text{ Btu/hr}$$

4.1.2 Perhitungan beban transmisi pada kaca

Konstruksi kaca gedung yang berjenis single glass with interior shade. Dari Tabel 20 dilampiran didapatkan nilai $U = 0,81 \text{ Btu/hr.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$. Nilai $CLTD_c$ dihitung sesuai dengan persamaan 2.4 dimana nilai $CLTD$ ditunjukkan pada tabel 4.6

Tabel 4.6 $CLTD$ ($^\circ\text{F}$) untuk kaca

Solar Time																			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7

1	0	-	-	-	-	0	2	4	7	9	1	1	1	1	1	1	1	8	6	4	3	2
		1	2	2	2						2	3	4	4	3	2	0					

Letak kaca pada ruang kepala dan wakil kepala di PDPM berada pada arah *NE*. Nilai $CLTD_c$ pada solar time 13 dapat dihitung sebagai berikut :

$$CLTD_c = CLTD + (78 - T_R) + (T_o - 85)$$

$$CLTD_c = 12 + (78 - 77) + (82,4 - 85)$$

$$CLTD_c = 10,4^\circ\text{F}$$

Nilai beban transmisi melalui kaca pada ruang kepala dan wakil kepala di PDPM adalah :

A. $Q_{NE \text{ Kaca Kepala}} = U \times A \times CLTD_c$

$$Q_{NE \text{ Kaca Kepala}} = 0,81 \text{ Btu/hr.ft}^2.\text{oF} \times 53,1\text{ft}^2 \times 10,4\text{oF}$$

$$Q_{NE \text{ Kaca Kepala}} = 526,84 \text{ Btu/hr}$$

B. $Q_{NE \text{ Kaca Wakil Kepala}} = U \times A \times CLTD_c$

$$Q_{NE \text{ Kaca Wakil Kepala}} = 0,81 \text{ Btu/hr.ft}^2.\text{oF} \times 53,1\text{ft}^2 \times 10,4\text{oF}$$

$$Q_{NE \text{ Kaca Wakil Kepala}} = 526,84 \text{ Btu/hr}$$

C. $Q_{NE \text{ Kaca Rapat}} = U \times A \times CLTD_c$

$$Q_{NE \text{ Kaca Rapat}} = 0,81 \text{ Btu/hr.ft}^2.\text{oF} \times 93,81\text{ft}^2 \times 10,4\text{oF}$$

$$Q_{NE \text{ Kaca Rapat}} = 790,26 \text{ Btu/hr}$$

Total Beban transmisi melalui kaca :

$$Q_{\text{kaca}} = Q_{NE \text{ Kaca Kepala}} + Q_{NE \text{ Kaca Wakil Kepala}} + Q_{NE \text{ Kaca Rapat}}$$

$$Q_{\text{kaca}} = 526,84 \text{ Btu/hr} + 526,84 \text{ Btu/hr} + 790,26 \text{ Btu/hr}$$

$$Q_{\text{kaca}} = 1.843,94 \text{ Btu/hr}$$

4.1.3 Beban Radiasi Melalui Kaca

Beban radiasi kaca dapat dihitung menggunakan persamaan 2.5. Nilai $SHGF$, CLF dan SC . Nilai beban radiasi melalui kaca pada ruang rapat, kepala dan wakil kepala di Pusat Studi PDPM dengan letak sebelah *NE* maka $SHGF = 233 \text{ Btu (hr/ft}^2)$, $SC = 0,3$, $CLF = 0,33$ pada solar time 13 adalah :

A. $Q_{NE \text{ Radiasi Kaca Kepala}} = SHGF \times A \times SC \times CLF$

$$Q_{NE \text{ Radiasi Kaca Kepala}} = 233 \text{ Btu(hr/ft}^2) \times 53,1\text{ft}^2 \times 0,3 \times 0,33$$

$$Q_{NE \text{ Radiasi Kaca Kepala}} = 1.442,61 \text{ Btu/hr}$$

B. $Q_{NE \text{ Radiasi Kaca Wakil Kepala}} = SHGF \times A \times SC \times CLF$

$$Q_{NE} \text{ Radiasi Kaca Wakil Kepala} = 233 \text{ Btu(hr/ft}^2\text{)} \times 53,1 \text{ ft}^2 \times 0,3 \times 0,33$$

$$Q_{NE} \text{ Radiasi Kaca Wakil Kepala} = 1.442,61 \text{ Btu/hr}$$

C. $Q_{NE} \text{ Radiasi Kaca Rapat} = SHGF \times A \times SC \times CLF$

$$Q_{NE} \text{ Radiasi Kaca Rapat} = 233 \text{ Btu(hr/ft}^2\text{)} \times 93,81 \text{ ft}^2 \times 0,3 \times 0,33$$

$$Q_{NE} \text{ Radiasi Kaca Rapat} = 2.163,91 \text{ Btu/hr}$$

Total beban radiasi matahari :

$$Q_{\text{radiasi kaca}} = Q_{NE} \text{ Radiasi Kaca Kepala} + Q_{NE} \text{ Radiasi Kaca Wakil Kepala} + Q_{NE} \text{ Radiasi Kaca Rapat}$$

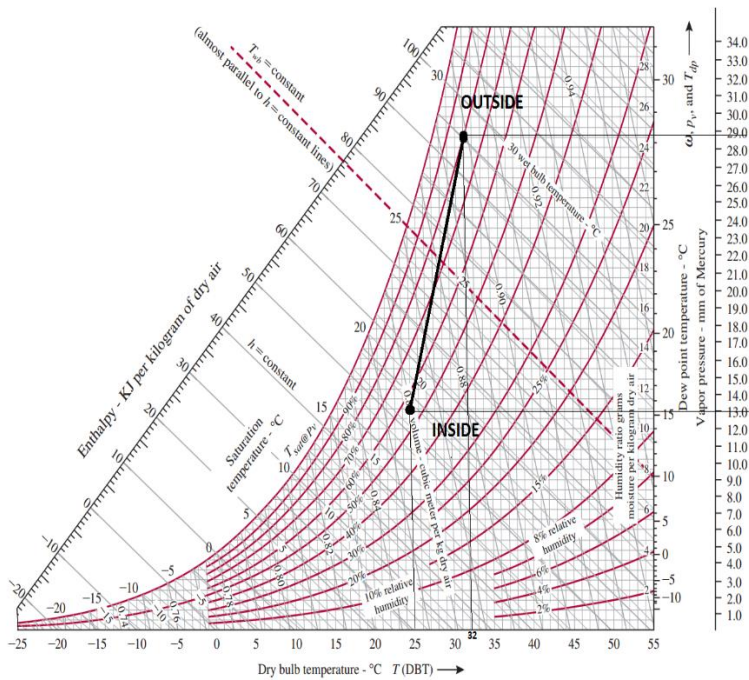
$$Q_{\text{radiasi kaca}} = 1.442,61 \text{ Btu/hr} + 1.442,61 \text{ Btu/hr} + 2.163,91 \text{ Btu/hr}$$

$$Q_{\text{radiasi kaca}} = 5.049,13 \text{ Btu/hr}$$

4.1.4 Perhitungan beban infiltrasi dan ventilasi

Dengan analisa *Phsycometric* dapat diketahui nilai W (*Humidity Ratio*) dengan referensi :

1. $T_{\text{Inside}} = 25^{\circ}\text{C}$, RH = 55%
2. $T_{\text{outside}} = 32^{\circ}\text{C}$, RH = 80%



Gambar 4.2 Analisa Phsycometric

A. $Q_s \text{ mushola} = 1,08 \times 12,66^\circ\text{F} \times 70$
 $Q_s \text{ mushola} = 957,09 \text{ Btu/hr}$

$Q_l \text{ mushola} = 4.840 \times 0,0134 \times 70$

$Q_l \text{ mushola} = 4.539,92 \text{ Btu/hr}$

B. $Q_s \text{ rapat} = 1,08 \times 12,66^\circ\text{F} \times 28$
 $Q_s \text{ rapat} = 382,83 \text{ Btu/hr}$

$$Q_{l \text{ rapat}} = 4.840 \times 0,0134 \times 28$$

$$Q_{l \text{ rapat}} = 1.815,96 \text{ Btu/hr}$$

C. $Q_s \text{ kepala} = 1,08 \times 12,66^\circ\text{F} \times 7$

$$Q_s \text{ kepala} = 95,70 \text{ Btu/hr}$$

$$Q_{l \text{ kepala}} = 4.840 \times 0,0134 \times 7$$

$$Q_{l \text{ kepala}} = 453,99 \text{ Btu/hr}$$

D. $Q_s \text{ wakil kepala} = 1,08 \times 12,66^\circ\text{F} \times 7$

$$Q_s \text{ wakil kepala} = 95,70 \text{ Btu/hr}$$

$$Q_{l \text{ wakil kepala}} = 4.840 \times 0,0134 \times 7$$

$$Q_{l \text{ wakil kepala}} = 453,99 \text{ Btu/hr}$$

E. $Q_s \text{ utama} = 1,08 \times 12,66^\circ\text{F} \times 35$

$$Q_s \text{ utama} = 1.052,80 \text{ Btu/hr}$$

$$Q_{l \text{ utama}} = 4.840 \times 0,0134 \times 35$$

$$Q_{l \text{ utama}} = 4.993,91 \text{ Btu /hr}$$

4.1.5 Perhitungan beban pendinginan partisi

Partisi pada ruang-ruang pusat studi PDPM melalui dinding NW, SE, SW, NE, lantai, pintu dan langit-langit. Beban pendinginan partisi dapat dihitung dengan persamaan 2.8 yaitu :

$$Q = U \times A \times TD$$

Tabel 4.7 Nilai resistance dinding partisi Batu bata

No	Bahan	R
1	<i>Inside Surface Resistance</i>	0,68
2	<i>Plester Light weight aggregate 0,65 in</i>	0,39
3	<i>Common Brick4in</i>	0,8
4	<i>Plester Light weight aggregate 0,65 in</i>	0,39
5	<i>Inside Surface Resistance</i>	0,68
TOTAL (hr.ft².°F/Btu)		2,94

Diperoleh Nilai Udinding partisi = $1/R_{tot} = 0,34$
 Btu/hr.ft².°F

Tabel 4.8 Nilai resistance dinding partisi gypsum

No	Bahan	R
1	<i>Inside Surface Resistance</i>	0,62
2	<i>Gypsum board 0,5 in</i>	0,45
3	<i>Air Space</i>	0,91
4	<i>Gypsum board 0,5in</i>	0,45
5	<i>Inside Surface Resistance</i>	0,62
TOTAL (hr.ft².°F/Btu)		3,05

Diperoleh Nilai Udinding partisi = $1/R_{tot} = 0,32$
 Btu/hr.ft².°F

Tabel 4.9 Nilai resistance langit-langit dan lantai ruangan

No	Bahan	R
1	<i>Inside Surface Resistance</i>	0,61
2	<i>Tile</i>	0,19
3	<i>Concreate block</i>	1,11
4	<i>Air Space</i>	0,96
5	<i>Gypsum Board</i>	0,45
6	<i>Inside Surface Resistance</i>	0,62
TOTAL (hr.ft².°F/Btu)		3,94

Diperoleh Nilai Ulangit lantai = $1/R_{tot} = 0,25$
 $\text{Btu/hr.ft}^2.^{\circ}\text{F}$

Tabel 4.10 Nilai resistance pintu

No	Bahan	R
1	<i>Inside Surface Resistance</i>	0,68
2	<i>Plate Steel</i>	0,61
3	<i>Glass Wool</i>	1,5
4	<i>Plate Steel</i>	0,61
5	<i>Inside Surface Resistance</i>	0,68
TOTAL (hr.ft².°F/Btu)		4,05

Diperoleh Nilai Udinding partisi = $1/R_{tot} = 0,24$
 $\text{Btu/hr.ft}^2.^{\circ}\text{F}$

Beban partisi melalui dinding NW untuk ruang rapat, kepala, wakil kepala dan Utama adalah :

- A. Q_{NW} partisi dinding rapat = $0,34 \text{ Btu/hr.ft}^2.^{\circ}\text{F} \times 198,9 \text{ ft}^2 \times 3,6 ^{\circ}\text{F}$
 Q_{NW} partisi dinding rapat = 243,5 Btu/hr
- B. Q_{NW} partisi dinding kepala = $0,32 \text{ Btu/hr.ft}^2.^{\circ}\text{F} \times 115,6 \text{ ft}^2 \times 3,6 ^{\circ}\text{F}$
 Q_{NW} partisi dinding kepala = 133,22 Btu/hr
- C. Q_{NW} partisi dinding wakil kepala = $0,32 \text{ Btu/hr.ft}^2.^{\circ}\text{F} \times 115,6 \text{ ft}^2 \times 3,6 ^{\circ}\text{F}$
 Q_{NW} partisi dinding wakil kepala = 133,22 Btu/hr
- D. 1. Q_{NW} partisi dinding utama = $0,34 \text{ Btu/hr.ft}^2.^{\circ}\text{F} \times 148 \text{ ft}^2 \times 3,6 ^{\circ}\text{F}$
 Q_{NW} partisi dinding utama = 181.13 Btu/hr
 2. Q_{NW} partisi dinding utama = $0,32 \text{ Btu/hr.ft}^2.^{\circ}\text{F} \times 83,59 \text{ ft}^2 \times 3,6 ^{\circ}\text{F}$
 Q_{NW} partisi dinding utama = 96,30 Btu/hr

Beban partisi melalui dinding sebelah SE untuk ruang mushola, rapat, kepala, wakil kepala dan utama adalah :

- A. Q_{SE} partisi dinding mushola = $0,34 \text{ Btu/hr.ft}^2.^{\circ}\text{F} \times 83,3 \text{ ft}^2 \times 3,6 ^{\circ}\text{F}$
 Q_{SE} partisi dinding mushola = 101,96 Btu/hr
- B. Q_{SE} partisi dinding rapat = $0,32 \text{ Btu/hr.ft}^2.^{\circ}\text{F} \times 86,24 \text{ ft}^2 \times 3,6 ^{\circ}\text{F}$
 Q_{SE} partisi dinding rapat = 99,34 Btu/hr

- C. Q_{SE} partisi dinding kepala = $0,32 \text{ Btu/hr.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \times 115,6 \text{ ft}^2 \times 3,6 ^\circ\text{F}$
 Q_{SE} partisi dinding kepala = $133,22 \text{ Btu/hr}$
- D. Q_{SE} partisi dinding wakil kepala = $0,32 \text{ Btu/hr.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \times 115,6 \text{ ft}^2 \times 3,6 ^\circ\text{F}$
 Q_{SE} partisi dinding wakil kepala = $133,22 \text{ Btu/hr}$
- E. 1. Q_{SE} partisi dinding utama = $1,04 \text{ Btu/hr.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \times 31,36 \text{ ft}^2 \times 3,6 ^\circ\text{F}$
 Q_{SE} partisi dinding utama = $117,41 \text{ Btu/hr}$
2. Q_{SE} partisi dinding utama = $0,34 \text{ Btu/hr.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \times 198,90 \text{ ft}^2 \times 3,6 ^\circ\text{F}$
 Q_{SE} partisi dinding utama = $243,50 \text{ Btu/hr}$

Beban partisi melalui dinding sebelah SW untuk ruang mushola, rapat, kepala, wakil kepala dan utama adalah :

- A. Q_{SW} partisi dinding mushola = $0,34 \text{ Btu/hr.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \times 191,1 \text{ ft}^2 \times 3,6 ^\circ\text{F}$
 Q_{SW} partisi dinding mushola = $233,91 \text{ Btu/hr}$
- B. Q_{SW} partisi dinding rapat = $0,34 \text{ Btu/hr.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \times 79,65 \text{ ft}^2 \times 3,6 ^\circ\text{F}$
 Q_{SW} partisi dinding rapat = $97,49 \text{ Btu/hr}$
- C. 1. Q_{SW} partisi dinding kepala = $1,04 \text{ Btu/hr.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \times 62,54 \text{ ft}^2 \times 3,6 ^\circ\text{F}$
 Q_{SW} partisi dinding kepala = $234,15 \text{ Btu/hr}$
2. Q_{SW} partisi dinding kepala = $0,32 \text{ Btu/hr.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \times 53,1 \text{ ft}^2 \times 3,6 ^\circ\text{F}$
 Q_{SW} partisi dinding kepala = $61,17 \text{ Btu/hr}$
- D. 1. Q_{SW} partisi dinding wakil kepala = $1,04 \text{ Btu/hr.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \times 62,54 \text{ ft}^2 \times 3,6 ^\circ\text{F}$
 Q_{SW} partisi dinding wakil kepala = $234,15 \text{ Btu/hr}$
2. Q_{SW} partisi dinding wakil kepala = $0,32 \text{ Btu/hr.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \times 53,1 \text{ ft}^2 \times 3,6 ^\circ\text{F}$
 Q_{SW} partisi dinding wakil kepala = $61,17 \text{ Btu/hr}$
- E. Q_{SW} partisi dinding utama = $1,04 \text{ Btu/hr.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \times 347 \text{ ft}^2 \times 3,6 ^\circ\text{F}$
 Q_{SW} partisi dinding utama = $1298,86 \text{ Btu/hr}$

Beban partisi melalui dinding sebelah *NE* untuk ruang utama adalah :

1. $Q_{NE} \text{ partisi dinding utama} = 0,34 \text{ Btu/hr.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \times 173,5 \text{ ft}^2 \times 3,6 ^\circ\text{F}$
 $Q_{NE} \text{ partisi dinding utama} = 212,31 \text{ Btu/hr}$
2. $Q_{NE} \text{ partisi dinding utama} = 0,32 \text{ Btu/hr.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \times 64,8 \text{ ft}^2 \times 3,6 ^\circ\text{F}$
 $Q_{NE} \text{ partisi dinding utama} = 74,64 \text{ Btu/hr}$
3. $Q_{NE} \text{ partisi dinding utama} = 1,04 \text{ Btu/hr.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \times 76,32 \text{ ft}^2 \times 3,6 ^\circ\text{F}$
 $Q_{NE} \text{ partisi dinding utama} = 285,74 \text{ Btu/hr}$

Beban partisi lantai untuk ruang mushola, rapat, kepala, wakil kepala dan Utama adalah :

- A. $Q_{\text{lantai mushola}} = 0,25 \text{ Btu/hr.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \times 345,4 \text{ ft}^2 \times 3,6 ^\circ\text{F}$
 $Q_{\text{lantai mushola}} = 310,89 \text{ Btu/hr}$
- E. $Q_{\text{lantai rapat}} = 0,25 \text{ Btu/hr.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \times 359,3 \text{ ft}^2 \times 3,6 ^\circ\text{F}$
 $Q_{\text{lantai rapat}} = 323,38 \text{ Btu/hr}$
- F. $Q_{\text{lantai kepala}} = 0,25 \text{ Btu/hr.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \times 139,2 \text{ ft}^2 \times 3,6 ^\circ\text{F}$
 $Q_{\text{lantai kepala}} = 125,32 \text{ Btu/hr}$
- G. $Q_{\text{lantai wakil kepala}} = 0,25 \text{ Btu/hr.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \times 139,2 \text{ ft}^2 \times 3,6 ^\circ\text{F}$
 $Q_{\text{lantai wakil kepala}} = 125,32 \text{ Btu/hr}$
- H. $Q_{\text{lantai utama}} = 0,25 \text{ Btu/hr.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \times 746,4 \text{ ft}^2 \times 3,6 ^\circ\text{F}$
 $Q_{\text{lantai utama}} = 431,17 \text{ Btu/hr}$

Beban partisi langit-langit untuk ruang mushola, rapat, kepala, wakil kepala dan Utama adalah :

- B. $Q_{\text{lantai mushola}} = 0,25 \text{ Btu/hr.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \times 345,4 \text{ ft}^2 \times 3,6 ^\circ\text{F}$
 $Q_{\text{lantai mushola}} = 310,89 \text{ Btu/hr}$
- I. $Q_{\text{lantai rapat}} = 0,25 \text{ Btu/hr.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \times 359,3 \text{ ft}^2 \times 3,6 ^\circ\text{F}$
 $Q_{\text{lantai rapat}} = 323,38 \text{ Btu/hr}$
- J. $Q_{\text{lantai kepala}} = 0,25 \text{ Btu/hr.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \times 139,2 \text{ ft}^2 \times 3,6 ^\circ\text{F}$
 $Q_{\text{lantai kepala}} = 125,32 \text{ Btu/hr}$
- K. $Q_{\text{lantai wakil kepala}} = 0,25 \text{ Btu/hr.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \times 139,2 \text{ ft}^2 \times 3,6 ^\circ\text{F}$
 $Q_{\text{lantai wakil kepala}} = 125,32 \text{ Btu/hr}$

$$L. \quad Q_{\text{lantai utama}} = 0,25 \text{ Btu/hr.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \times 746,4 \text{ ft}^2 \times 3,6 ^\circ\text{F}$$

$$Q_{\text{lantai utama}} = 431,17 \text{ Btu/hr}$$

Beban pintu untuk ruang mushola, rapat, kepala, wakil kepala dan Utama adalah :

$$A. \quad Q_{\text{pintu mushola}} = 0,24 \text{ Btu/hr.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \times 34,68 \text{ ft}^2 \times 3,6 ^\circ\text{F}$$

$$Q_{\text{pintu mushola}} = 29,96 \text{ Btu/hr}$$

$$B. \quad Q_{\text{pintu rapat}} = 0,24 \text{ Btu/hr.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \times 16,35 \text{ ft}^2 \times 3,6 ^\circ\text{F}$$

$$Q_{\text{pintu rapat}} = 14,13 \text{ Btu/hr}$$

$$C. \quad Q_{\text{pintu kepala}} = 0,24 \text{ Btu/hr.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \times 16,35 \text{ ft}^2 \times 3,6 ^\circ\text{F}$$

$$Q_{\text{pintu kepala}} = 14,13 \text{ Btu/hr}$$

$$D. \quad Q_{\text{pintu wakil kepala}} = 0,24 \text{ Btu/hr.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \times 16,35 \text{ ft}^2 \times 3,6 ^\circ\text{F}$$

$$Q_{\text{pintu wakil kepala}} = 14,13 \text{ Btu/hr}$$

$$E. \quad Q_{\text{pintu utama}} = 1,04 \text{ Btu/hr.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \times 41,59 \text{ ft}^2 \times 3,6 ^\circ\text{F}$$

$$Q_{\text{pintu utama}} = 155,73 \text{ Btu/hr}$$

4.1.6 Perhitungan beban penerangan

Perhitungan beban penerangan menggunakan persamaan 2.9. Dalam persamaan tersebut q_i adalah daya yang dibutuhkan oleh lampu, F_u adalah fraksi lampu yang terpasang dan F_s adalah *Ballast Factor*. Dan CLF 0,18 saat jam 13.00 :

$$Q = 3,41 \times q_i \times F_u \times F_s \times \text{CLF}$$

Untuk beban penerangan pada ruangan mushola, rapat, kepala, wakil kepala dan utama sebagai berikut:

$$A. \quad Q_{\text{lampu mushola}} = 3,41 \times 72 \times 1 \times 1 \times 0,18$$

$$Q_{\text{lampu mushola}} = 44,19 \text{ Btu/hr}$$

$$B. \quad Q_{\text{lampu rapat}} = 3,41 \times 56 \times 1 \times 1 \times 0,18$$

$$Q_{\text{lampu rapat}} = 34,37 \text{ Btu/hr}$$

$$C. \quad Q_{\text{lampu kepala}} = 3,41 \times 28 \times 1 \times 1 \times 0,18$$

$$Q_{\text{lampu kepala}} = 17,18 \text{ Btu/hr}$$

$$D. \quad Q_{\text{lampu wakil kepala}} = 3,41 \times 28 \times 1 \times 1 \times 0,18$$

$$Q_{\text{lampu wakil kepala}} = 17,18 \text{ Btu/hr}$$

$$E. \quad Q_{\text{lampu utama}} = 3,41 \times 140 \times 1 \times 1 \times 0,18$$

$$Q_{\text{lampu utama}} = 85,93 \text{ Btu/hr}$$

4.1.7 Perhitungan beban penghuni

Beban penghuni adalah beban pendinginan yang diakibatkan oleh adanya *heat gain* yang dikeluarkan oleh tubuh manusia. Besarnya *heat gain* dihasilkan oleh tubuh manusia dapat dihitung dengan persamaan 2.10 dan 2.11.

$$Q_s = q_s \times n \times CLF$$

$$Q_l = q_l \times n$$

Untuk panas Sensibel yang dihasilkan manusia di setiap ruangan mushola, rapat, kepala, wakil kepala dan utama pada jam 13.00 sebagai berikut :

A. $Q_s \text{ mushola} = 115 \text{ watts} \times 20 \times 0,18$

$$Q_s \text{ mushola} = 1.407,6 \text{ Btu/hr}$$

B. $Q_s \text{ rapat} = 185 \text{ watts} \times 8 \times 0,18$

$$Q_s \text{ rapat} = 905,76 \text{ Btu/hr}$$

C. $Q_s \text{ kepala} = 185 \text{ watts} \times 2 \times 0,18$

$$Q_s \text{ kepala} = 226,44 \text{ Btu/hr}$$

D. $Q_s \text{ wakil kepala} = 185 \text{ watts} \times 2 \times 0,18$

$$Q_s \text{ wakil kepala} = 226,44 \text{ Btu/hr}$$

E. $Q_s \text{ utama} = 185 \text{ watts} \times 25 \times 0,18$

$$Q_s \text{ utama} = 2.830,5 \text{ Btu/hr}$$

Sedangkan panas laten yang dihasilkan manusia di setiap ruangan mushola, rapat, kepala, wakil kepala dan utama pada jam 13.00 sebagai berikut :

A. $Q_l \text{ mushola} = 400 \text{ Btu/hr} \times 20 \times 0,18$

$$Q_l \text{ mushola} = 8.000 \text{ Btu / hr}$$

B. $Q_l \text{ rapat} = 640 \text{ Btu/hr} \times 8 \times 0,18$

$$Q_l \text{ rapat} = 5.120 \text{ Btu/hr}$$

C. $Q_l \text{ kepala} = 640 \text{ Btu/hr} \times 2 \times 0,18$

$$Q_l \text{ kepala} = 1280 \text{ Btu/hr}$$

D. $Q_l \text{ wakil kepala} = 640 \text{ Btu/hr} \times 2 \times 0,18$

$$Q_l \text{ wakil kepala} = 1280 \text{ Btu/hr}$$

E. $Q_l \text{ utama} = 640 \text{ Btu/hr} \times 25 \times 0,18$

$$Q_l \text{ utama} = 16.000 \text{ Btu/hr}$$

4.1.8 Perhitungan beban peralatan listrik

Peralatan listrik yang ada pada Pusat Study PDPM antara lain: Komputer, laptop, kulkas, heater, printer, dispenser, proyektor, kipas angin, hardware komunikasi / elektrikal, dan mesin fotokopi. Namun tidak semua ruangan di rapat, kepala, wakil kepala dan utama sama persis peralatannya. Sehingga total *Heat Gain* setiap ruangan dapat digunakan rumus 2.12 dan 2.13 sebagai berikut :

$$Q_s = q_s \times n$$

$$Q_l = q_l \times n$$

Untuk beban peralatan yang dihasilkan secara sensibel sebagai berikut :

$$A. Q_{s \text{ rapat}} = (1 \times 1.000 \text{ Btu/hr}) \text{komputer} + (8 \times 300 \text{ Btu/hr}) \text{laptop} + (1 \times 2.500 \text{ Btu/hr}) \text{printer} + (1 \times 5.600 \text{ Btu/hr}) \text{Proyektor}$$

$$Q_{s \text{ rapat}} = 11.500 \text{ Btu/hr}$$

$$B. Q_{s \text{ kepala}} = (2 \times 300 \text{ Btu/hr}) \text{laptop} + (1 \times 2.500 \text{ Btu/hr}) \text{printer}$$

$$Q_{s \text{ kepala}} = 3.100 \text{ Btu/hr}$$

$$C. Q_{s \text{ wakil kepala}} = (2 \times 300 \text{ Btu/hr}) \text{laptop} + (1 \times 2.500 \text{ Btu/hr}) \text{printer}$$

$$Q_{s \text{ wakil kepala}} = 3.100 \text{ Btu/hr}$$

$$D. Q_{s \text{ utama}} = (6 \times 1.000 \text{ Btu/hr}) \text{ komputer} + (10 \times 300 \text{ Btu/hr}) \text{laptop} + (1 \times 1.840 \text{ Btu/hr}) \text{kulkas} + (1 \times 340 \text{ Btu/hr}) \text{heater} + (1 \times 2.500 \text{ Btu/hr}) \text{printer} + (1 \times 6.000 \text{ Btu/hr}) \text{dispenser} + (1 \times 5.600 \text{ Btu/hr}) \text{proyektor} + (1 \times 360 \text{ Btu/hr}) \text{kipas angin} + (1 \times 3.000 \text{ Btu/hr}) \text{fotokopi}$$

$$Q_{s \text{ utama}} = 28.640 \text{ Btu/hr}$$

Untuk beban peralatan yang dihasilkan secara laten sebagai berikut :

$$A. Q_{l \text{ rapat}} = - \text{ Btu/hr}$$

$$B. Q_{l \text{ kepala}} = - \text{ Btu/hr}$$

$$C. Q_{l \text{ wakil kepala}} = - \text{ Btu/hr}$$

$$D. Q_{l \text{ utama}} = 340 \text{ Btu/hr}$$

4.1.9 Beban total pendinginan

Beban Total pendinginan adalah jumlah dari beban pendinginan eksternal ditambah internal. Dengan faktor keamanan sebesar 10% sesuai dengan standar *ASHRAE* maka dari perhitungan yang telah dilakukan dapat didapatkan beban total pendinginan untuk ruang-ruang pada Pusat Studi PDPM sebagai berikut:

Tabel 4.11 Total beban pendinginan dari Pusat Studi PDPM

Ruangan	Bagian	Beban pendinginan (Btu/hr)
Mushola	Dinding	1.014,82
	Kaca	0
	Radiasi	0
	Infiltrasi	570,64
	Partisi & pintu	987,63
	Penerangan	53,03
	Penghuni	9.407,6
	Peralatan	0
Rapat	Dinding	268,38
	Kaca	790,26
	Radiasi	2.163,91
	Infiltrasi	460,2
	Partisi & pintu	1.101,22
	Penerangan	41,24
	Penghuni	6.025,76
	Peralatan	8.908
Kepala	Dinding	178,92
	Kaca	526,84
	Radiasi	1.442,61
	Infiltrasi	478,6
	Partisi & pintu	826,531
	Penerangan	20,62
	Penghuni	1.506,44

	Peralatan	1.996
Wakil Kepala	Dinding	178,92
	Kaca	526,84
	Radiasi	1.442,61
	Infiltrasi	478,6
	Partisi & pintu	826,531
	Penerangan	20,62
	Penghuni	1.506,44
	Peralatan	1.996
Utama	Dinding	0
	Kaca	0
	Radiasi	0
	Infiltrasi	589,05
	Partisi & pintu	4.009,07
	Penerangan	103,11
	Penghuni	18.830,50
	Peralatan	17.710,86
TOTAL Beban Pendingin untuk PDPM		10.9547

Kapasitas AC yang terpasang pada ruang-ruang Pusat Study PDPM dapat dilihat dari spesifikasi AC yang terpasang. Besarnya Kapasitas AC terpasang adalah sebagai berikut

Tabel 4.12 Total kapasitas AC terpasang

Ruangan	Spesifikasi AC	Kapasitas Pendinginan (Btu/hr)
Mushola	Cassette LG ARNU21GTQC4	19.100
Rapat	Cassette LG ARNU36GTNC4	36.200
Kepala	Split wall LG ARNU07GSBL4	7.500

Wakil Kepala	Split wall LG ARNU07GSBL4	7.500
Utama	Cassette ARNU42GTMC4	42.000

4.2 Analisa Sistem Pengkondisian Udara

4.2.1 Hasil Perhitungan beban pendinginan sistem pengkondisian udara

Dari perhitungan yang telah dilakukan untuk ruangan-ruangan lantai 6 dan 7 di gedung pusat riset ITS didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut:

Tabel 4.13 Beban pendinginan Lantai 6A pada puku 09.00, 13.00 dan 15.00

Lantai 6 A	Pukul 09.00 (Btu/hr)	Pukul 13.00 (Btu/hr)	Pukul 15.00 (Btu/hr)
Publikasi Ilmiah	117.054,89	107.549	102.443
HKI	90.331,40	82.085,95	77.164,56
Lobby 6 A	45.470,78	57.422,77	63.639,43
Total	252.857,08	247.058	246.247

Tabel 4.14 Beban pendinginan Lantai 7A pada puku 09.00, 13.00 dan 15.00

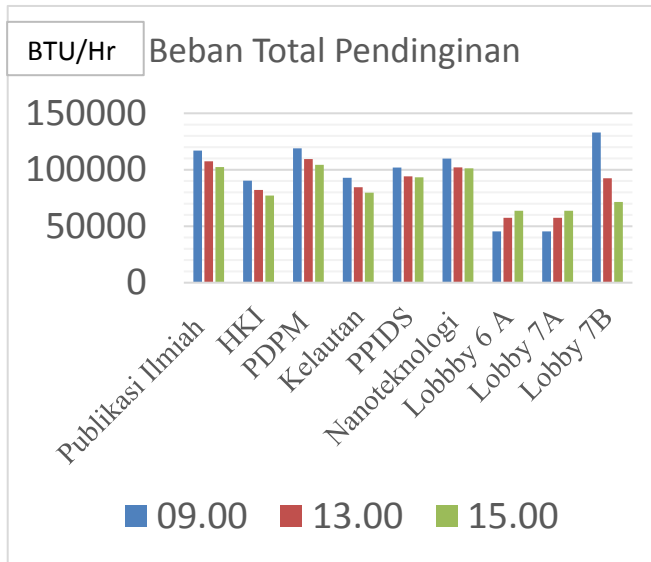
Lantai 7 A	Pukul 09.00 (Btu/hr)	Pukul 13.00 (Btu/hr)	Pukul 15.00 (Btu/hr)
PDPM	119.014,46	109.508	104.403
Kelautan	92.836,08	84.590,64	79.669,24
Lobby 7 A	45.470,78	57.422,77	63.639,43
Total	25.7247,3	251.522	250.711

Tabel 4.15 Beban pendinginan Lantai 7B pada puku 09.00, 13.00 dan 15.00

Lantai 7 B	Pukul 09.00 (Btu/hr)	Pukul 13.00 (Btu/hr)	Pukul 15.00 (Btu/hr)
PPIDS	101.966,67	94.233,36	93.385,67
Nanoteknologi	109.835,68	102.102,40	101.254,70
Lobby 7B	132.973,70	92.503,51	71.434,68
Total	344.776,05	288.839,27	266.075,05

Dari perhitungan yang telah dilakukan untuk waktu 09.00, 13.00, dan 15.00 didapatkan besarnya beban pendinginan untuk masing-masing waktu. Pada saat pukul 09.00 besarnya beban pendinginan di lantai 6 A adalah 252.857,08 Btu.hr, di lantai 7 A adalah 257.247,3 Btu/hr, dan di lantai 7 B adalah 344776,05 Btu/hr . Kemudian Pada saat pukul 13.00 besarnya beban pendinginan di lantai 6 A adalah 247.058 Btu.hr, di lantai 7 A adalah 251.522 Btu/hr, dan di lantai 7 B adalah 288.839,27 Btu/hr. Kemudian Pada saat pukul 15.00 besarnya beban pendinginan di lantai 6 A adalah 246.247 Btu.hr, di lantai 7 A adalah 250.711 Btu/hr, dan di lantai 7 B adalah 266.075,05 Btu/hr

Besarnya beban pendinginan dari masing masing pusat studi pada lantai 6 dan 7 di gedung pusat riset ITS untuk pukul 09.00, 13.00 dan 15.00 dapat ditunjukkan dalam bar chart sebagai berikut :



Gambar 4.3 Beban pendinginan pukul 07.00 , 13.00 dan 15.00

Dari bar chart terlihat bahwa masing masing Pusat study semua sama yaitu Publikasi Ilmiah, HKI, PDPM, Kelautan, PPIDS, Nanoteknologi, dan Lobby 7B yang memiliki beban puncak pada pukul 09.00. Sedangkan beban puncak pada Lobby 6 A dan 7 A adalah pada pukul 15.00.

Beban pendinginan yang besar berasal dari radiasi matahari, penghuni, transmisi melalui kaca dan partisi. Untuk ruangan-ruangan pusat study yang terletak dilantai 6 dan 7 memiliki beban pendinginan dari penghuni yang cukup besar karena kaca yang terkena sinar matahari tidak terlalu luas. Sedangkan pada Lobby beban pendinginan terbesar dari adanya radiasi dari matahari dan partisi yang terbuat dari kaca, karena kaca adalah luasan terbesar yang terkena langsung oleh sinar matahari. Semakin luas ruangan menyebabkan beban pendinginan semakin besar. Hal tersebut diakibatkan semakin luas ruangan memungkinkan beban eksternal seperti beban melalui dinding,

kaca, radiasi, infiltrasi semakin besar. Serta beban internal seperti jumlah penghuni, peralatan elektronik, serta penerangan juga semakin besar dengan semakin luasnya ruangan.

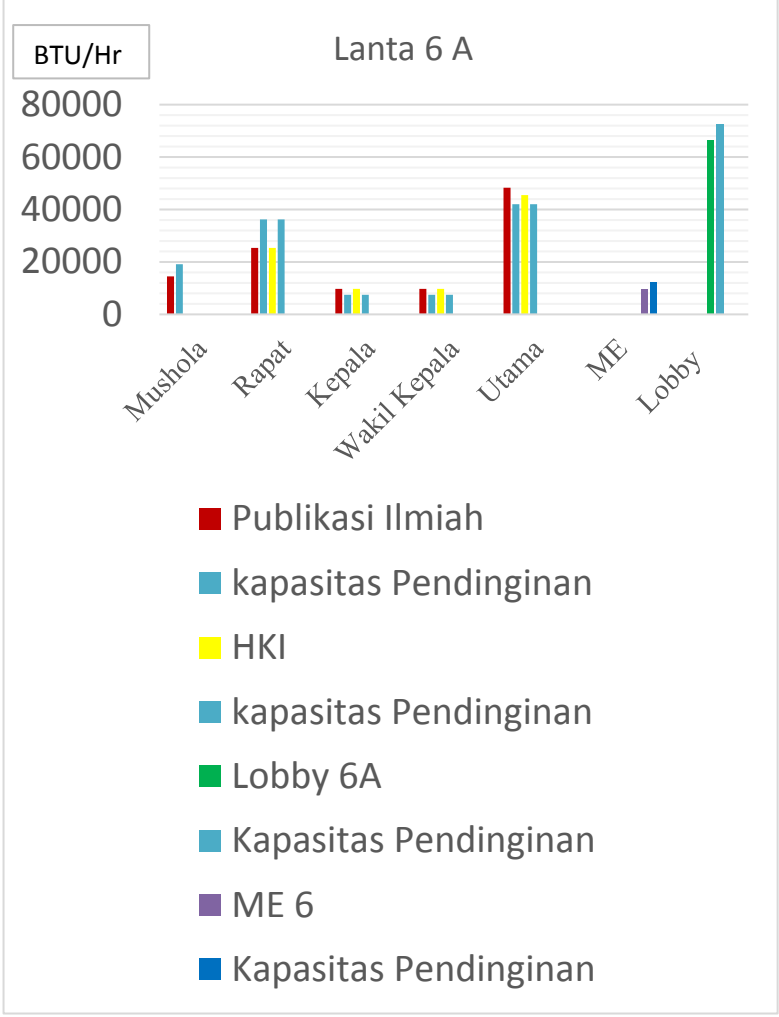
4.2.2 Perbandingan beban pendinginan sistem pengkondisian udara

Dengan kondisi saat ini dimana masing masing ruang pada pusat study di lantai 6 & 7 gedung pusat riset ITS telah terpasang AC maka dapat dibandingkan antara kondisi kapasitas pendinginan AC dengan hasil perhitungan. Besarnya kapasitas pendinginan dari AC terdapat pada gambar teknis sebagai data sekunder dalam proses pengerjaan Tugas Akhir ini. Perbandingan antara hasil perhitungan beban pendinginan dengan kapasitas terpasang adalah sebagai berikut :

Tabel 4.16 Perbandingan beban pendinginan perhitungan dan kapasitas AC terpasang

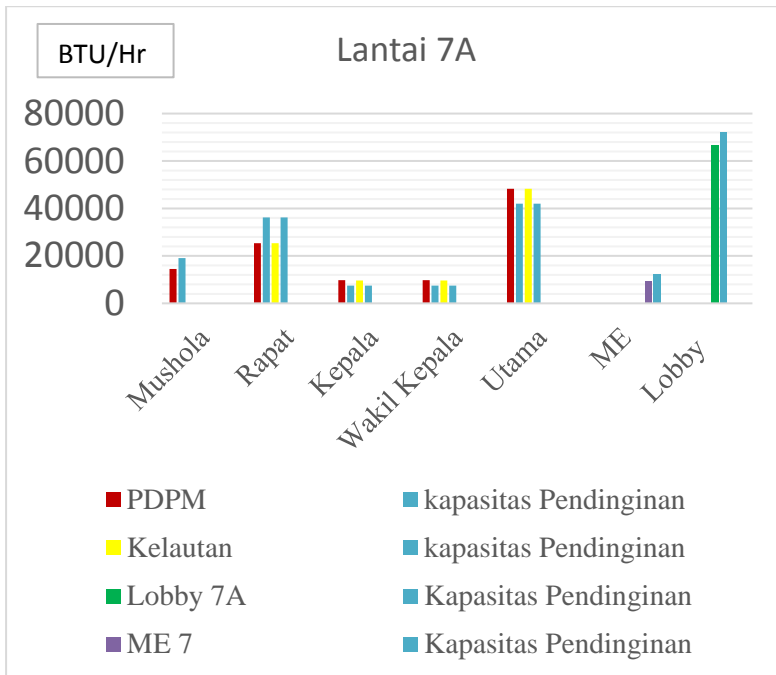
Pusat Studi	Ruang	Jumlah	Indoor Unit (Btu/hr)	Daya Listrik Evaporator (KW)	Total kapasitas Indoor Unit (Btu/hr)	Daya Total listrik outdoor unit(kilowatt)	Kapasitas Total Pendinginan (Btu/hr)	Kapasitas Total pendinginan (kilowatt)
P I U B I L L I M K I A A S H	Mushola	1	19.100	0,03	290200	17,53 . Outdoor 1 (7,84) + Outdoor2(9,69)	306000 . Outdoor 1 (133.875) + Outdoor2(172.125)	89,6 . Outdoor 1 (39,2) + Outdoor2(50,4)
	Rapat	1	36.200	0,14				
	Kepala	1	7.500	0,02				
	Wakil Kepala	1	7.500	0,02				
	Utama	1	42.000	0,28				
	ME	1	12.300	0,03				
	Lobby 6A	2	36.200	0,7				
	Rapat	1	36.200	0,14				
	Kepala	1	7.500	0,02				
	Wakil Kepala	1	7.500	0,02				
P D P M K E L A U T A N	Mushola	1	19.100	0,03	290200	17,53 . Outdoor 1 (7,84) + Outdoor2(9,69)	306000 . Outdoor 1 (133.875) + Outdoor2(172.125)	89,6 . Outdoor 1 (39,2) + Outdoor2(50,4)
	Rapat	1	36.200	0,14				
	Kepala	1	7.500	0,02				
	Wakil Kepala	1	7.500	0,02				
	Utama	1	42.000	0,28				
	ME	1	12.300	0,03				
	Lobby 7A	2	36.200	0,7				
	Rapat	1	36.200	0,14				
	Kepala	1	7.500	0,02				
	Wakil Kepala	1	7.500	0,02				
P P I D S NANOTEKNOLOGI	Mahagana 1&2	2	28.000	0,08	334800	20,89 . Outdoor 1 (9,69) + Outdoor2(11,20)	363375 . Outdoor 1 (172.125) + Outdoor2(191.250)	106,4 . Outdoor 1 (50,4) + Outdoor2(56)
	Kerja Mahagana	1	9.600	0,02				
	Kerja Utama	1	9.600	0,08				
	Utama	2	28.000	0,02				
	Lab nanoteknologi	2	28.000	0,08				
	Kerja Lab	1	9.600	0,02				
	Kerja Utama	1	9.600	0,08				
	Utama	2	28.000	0,02				
	Lobby 7B	2	36.200	0,7				

Perbandingan besarnya beban pendinginan tiap ruangan dengan kapasitas AC terpasang dapat ditunjukan pada bar chart berikut



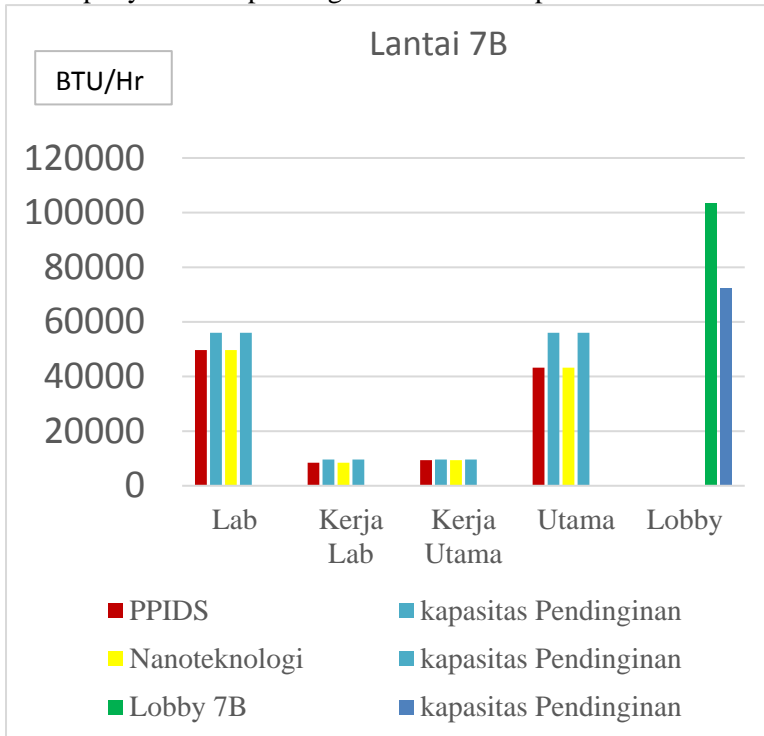
Gambar 4.4 perbandingan perhitungan beban pendinginan Lantai 6A dengan kapasitas pendinginan

Dari perhitungan beban pendinginan yang telah dilakukan pada Lantai 6 dapat dibandingkan dengan spesifikasi AC yang terpasang di masing masing Pusat Studi setiap ruangan. Dari bar chart tersebut terlihat ruang kepala, ruang wakil kepala dan ruang utama pada Pusat studi yang memiliki beban pendinginan lebih besar dari kapasitas AC yang terpasang. Ruang utama pada setiap Pusat Study memang lebih banyak terjadinya sirkulasi udara karena ada tamu atau penghuni yang masuk pusat studi dan pusat pekerjaan utama para staff Pusat studi juga terjadi disana. Sedangkan Mushola, ruang rapat, ruang ME dan Lobby mempunyai beban pendinginan dibawah kapasitas AC.



Gambar 4.5 perbandingan perhitungan beban pendinginan Lantai 7A dengan kapasitas pendinginan

Dari perhitungan beban pendinginan yang telah dilakukan pada Lantai 7 dapat dibandingkan dengan spesifikasi AC yang terpasang di masing masing Pusat Studi setiap ruangan. Dari bar chart tersebut terlihat ruang kepala, ruang wakil kepala dan ruang utama pada Pusat study yang memiliki beban pendinginan lebih besar dari kapasitas AC yang terpasang. Ruang utama pada setiap Pusat Study memang lebih banyak terjadinya sirkulasi udara karena ada tamu atau penghuni yang masuk pusat studi dan pusat pekerjaan utama para staff Pusat study juga terjadi disana. Sedangkan Mushola, ruang rapat, ruang ME dan Lobby mempunyai beban pendinginan dibawah kapasitas AC.



Gambar 4.6 perbandingan perhitungan beban pendinginan Lantai 7 B dengan kapasitas pendinginan

Dari perhitungan beban pendinginan yang telah dilakukan pada Lantai 7 B dapat dibandingkan dengan spesifikasi AC yang terpasang di masing masing Pusat Studi setiap ruangan. Dari bar chart tersebut terlihat hanya Lobby yang memiliki beban pendinginan lebih besar dari kapasitas AC yang terpasang. Lobby memang lebih banyak menerima panas dari radiasi kaca karena hampir semua lobby dikelilingi oleh kaca yang langsung kearah sinar matahari. Sedangkan ruang lab, ruang kerja lab, ruang kerja utama , ruang utama .mempunyai beban pendinginan dibawah kapasitas AC.

Perbandingan hasil pengukuran temperatur dan *RH* dengan temperatur dan *RH* sesuai SNI-03-6390-2011 :

Tabel 4.17 Perbandingan hasil pengukuran temperatur dan *RH* dengan temperatur dan *RH* sesuai SNI-03-6390-2011

Pada tabel 4.17 diatas terlihat hampir semua sebaran temperatur dan *RH* sudah memenuhi SNI-03-6390-2011. Tetapi ada beberapa yang belum memenuhi SNI-03-6390-2011 seperti Mushola yang *RH* nya di atas 70% kemungkinan ini disebabkan oleh pintu mushola yang tidak pernah ditutup dan ruangan mushola mendekati kamar mandi yang jendelanya selalu terbuka, jadi banyak sirkulasi udara yang keluar masuk. Lalu ada Lobby 6A yang *RH*nya di atas 70% karena pada saat pengukuran banyak penguni yang keluar masuk lift yang berbatasan langsung dengan lobby. kemudian terakhir ada ruang ME yang *RH*nya dibawah 55% kemungkinan karena ruang ME tidak terlalu sering adanya penghuni yang keluar masuk . Lalu ada Lobby 7A dan 7 B yang temperaturnya tidak sesuai SNI-03-6390-2011 karena di bawah 27°C, kemungkinan dikarenakan setting temperatur pengkondisian udara terlalu rendah .

4.3 Perhitungan Sistem Penerangan

Pada ruang utama Pusat Studi PDPM jenis lampu yang digunakan adalah Philips TBS 569 C 2XTL5 14 watt 2.500 lumen. untuk menghitung tingkat pencahayaan rata rata Erata-rata (lux) menggunakan persamaan 2.23

$$E_{\text{rata-rata}} = \frac{F_{\text{total}} \times K_p \times K_d}{A}$$

$$E_{\text{rata-rata}} = \frac{(14 \text{ watt} \times 2.500 \text{ lumen}) \times 0,5 \times 0,9}{226,89 \text{ m}^2} \text{ Lux}$$

$$E_{\text{rata-rata}} = 69,41 \text{ Lux}$$

Untuk menghitung jumlah armatur sesuai persamaan 2.23 dan 2.24

$$F_{\text{standar}} = \frac{E_{\text{standar}} \times A}{k_p \times k_d}$$

$$F_{\text{standar}} = \frac{350 \times 226,89 \text{ m}^2}{0,5 \times 0,9}$$

$$F_{\text{standar}} = 176.470 \text{ lumen}$$

$$N_{\text{standar}} = \frac{F_{\text{standar}}}{\text{Flumen} \times n}$$

$$N_{\text{standar}} = \frac{176.470}{2500 \times 2}$$

$$N_{\text{standar}} = 35 \text{ Armature}$$

Sehingga total daya lampu

$$W_{\text{total}} = N_{\text{lampu}} \times w_l$$

$$W_{\text{total}} = 35 \times 2 \times 14 \text{ watt}$$

$$W_{\text{total}} = 988 \text{ watt}$$

4.4 Analisa Sistem Penerangan

4.4.1 Hasil perhitungan sistem penerangan

Dengan menggunakan persamaan persamaan 2.21 nilai intensitas penerangan rata-rata untuk masin-masing ruangan Pusat Studi di lantai 6 dan 7 Gedung pusat riset ITS didapatkan hasil sebagai berikut :

Pusat Studi	Ruangan	RH %	RH stand ar d %	Tempera tur °C	Tempera tur Standar d °C
Publikasi Ilmiah	Mushola	70	55 - 65	26	24-27
	Rapat	61	55 - 65	25,9	24-27
	Kepala	61	55 - 65	26,2	24-27
	Wakil Kepala	60	55 - 65	26,7	24-27
	Utama	61	55 - 65	25,3	24-27
	ME	55	55 - 65	25	24-27
	Lobby 6 A	76	50-70	28,2	27-30
HKI	Rapat	57	55 - 65	22,8	24-27
	Kepala	62	55 - 65	25,4	24-27
	Wakil Kepala	64	55 - 65	25,7	24-27
	Utama	64	55 - 65	25,4	24-27
PDPM	Mushola	70	55 - 65	26	24-27
	Rapat	60	55 - 65	25,8	24-27
	Kepala	61	55 - 65	25,5	24-27
	Wakil Kepala	61	55 - 65	25,7	24-27
	Utama	62	55 - 65	25,7	24-27
	ME	52	55 - 65	24,7	24-27
	Lobby 7 A	68	50-70	26	27-30
Kelautan	Rapat	58	55 - 65	25,2	24-27
	Kepala	57	55 - 65	25,8	24-27
	Wakil Kepala	61	55 - 65	26	24-27

	Utama	59	55 - 65	26	24-27
PPIDS	Mahagan a	57	55 - 65	25,7	24-27
	Kerja Mahagan a	58	55 - 65	26	24-27
	Utama	56	55 - 65	26	24-27
	Kerja Utama	55	55 - 65	26	24-27
Nanotekn ologi	Laborator ium	-	55 - 65	-	24-27
	Kerja Laborator ium	-	55 - 65	-	24-27
	Utama	55	55 - 65	24	24-27
	Kerja Utama	57	55 - 65	25	24-27
	Lobby 7B	67	50-70	25,6	27-30

Tabel 4.18 Nilai Intensitas peneangan rata-rata ruang Pusat Study

Pusat Studi	Ruangan	Luas (m ²)	Jenis Lampu	Daya (watt)	Fiotal (lumen)	Kp	Kd	Erata-rata	Daya pencahayaan (w/m ²)	Daya pencahayaan standar(w/m ²)
Publikasi Ilmiah	Mushola	105,01	BALK	72	180000	0,5	0,9	192,83	3,2	20
	Rapat	109,23	TBS 569	56	140000	0,5	0,9	144,19	4,35	15
	Kepala	42,32	TBS 569	28	70000	0,5	0,9	372,16	4,35	15
	Wakil Kepala	42,32	TBS 569	28	70000	0,5	0,9	372,16	4,35	15
	Utama	226,89	TBS 569	140	350000	0,5	0,9	69,41	4,35	15
	ME	20,49	BALK	72	180000	0,5	0,9	664,15	12	20
	Lobby 6 A	777,12	DN282B	418	1045000	0,5	0,9	31,84	1,95	10
HKI	Rapat	109,23	TBS 569	56	140000	0,5	0,9	144,19	4,35	15
	Kepala	42,32	TBS 569	28	70000	0,5	0,9	372,16	4,35	15
	Wakil Kepala	42,32	TBS 569	28	70000	0,5	0,9	372,16	4,35	15
	Utama	226,89	TBS 569	140	350000	0,5	0,9	69,41	4,35	15
PDPM	Mushola	105,01	BALK	72	180000	0,5	0,9	192,83	3,2	20
	Rapat	109,23	TBS 569	56	140000	0,5	0,9	144,19	4,35	15
	Kepala	42,32	TBS 569	28	70000	0,5	0,9	372,16	4,35	15
	Wakil Kepala	42,32	TBS 569	28	70000	0,5	0,9	372,16	4,35	15
	Utama	226,89	TBS 569	140	350000	0,5	0,9	69,41	4,35	15
	ME	20,49	BALK	72	180000	0,5	0,9	664,15	12	20
	Lobby 7 A	777,12	DN282B	418	1045000	0,5	0,9	31,84	1,95	10
Kelautan	Rapat	109,23	TBS 569	56	140000	0,5	0,9	144,19	4,35	15
	Kepala	42,32	TBS 569	28	70000	0,5	0,9	372,16	4,35	15
	Wakil Kepala	42,32	TBS 569	28	70000	0,5	0,9	372,16	4,35	15
	Utama	226,89	TBS 569	140	350000	0,5	0,9	69,41	4,35	15
PPIDS	Mahagana	402,19	TBS569&RC V160V	302	976400	0,5	0,9	195,13	19,5	15
	Kerja Mahagana	57,75	RCV160V	41	139400	0,5	0,9	1086,23	9,3	15
	Utama	224,53	TBS569&RC V160V	302	976400	0,5	0,9	349,52	13,6	15
	Kerja Utama	42,32	RCV160V LED345/840	82	278800	0,5	0,9	1086,23	9,3	15
Nanoteknologi	Laboratorium	402,19	TBS569&RC V160V	302	976400	0,5	0,9	194,97	19,5	15
	Kerja Laboratorium	57,75	RCV160V LED345/840	41	139400	0,5	0,9	1086,234	9,3	15
	Utama	224,53	TBS569&RC V160V	302	976400	0,5	0,9	349,52	13,6	15
	Kerja Utama	42,32	RCV160V	82	278800	0,5	0,9	1482,27	9,3	15
	Lobby 7B	517,92	DN283B	198	495000	0,5	0,9	47,78	1,95	10

Nilai standar intensitas penerangan yang dianjurkan sesuai dengan standar SNI 03-6575-2001 adalah 350 Lux untuk kerja, 500 Lux untuk laboratorium, 100 Lux untuk Lobby, 300 Lux untuk rapat, 750Lux untuk ruang ME dan 200 Lux untuk mushola. Dengan pengambilan data pada sistem penerangan didapatkan nilai aktual dari intensitas penerangan pada masing masing ruang Pusat Study di lantai 6 dan 7 gedung pusat riset ITS. Dengan mengacu pada SNI didapatkan daya pencahayaan maksimum adalah 20w/m^2 untuk pencahayaan umum dan 15w/m^2 untuk ruang kantor . Ruangan yang mempunyai daya untuk pencahayaan diatas standar adalah Laboratorium pada pusat studi Nanoteknologi dan PPIDS .

4.4.2 Perbandingan intensitas penerangan

Setelah dilakukan perhitungan pada sistem penerangan maka didapatkan perbandingan intensitas penerangan standar, secara perhitungan dan kondisi aktual. Nilai standar didapatkan dari SNI dan nilai perhitungan didapatkan dari spesifikasi lampu sedangkan nilai aktual didapatkan dari pengambilan data langsung. Nilai standar, hasil perhitungan dan kondisi aktual dari intensitas penerangan pada ruang pusat studi lantai 6 dan 7 gedung pusat riset ITS dapat ditunjukkan pada tabel berikut .

Tabel 4.19 Nilai standar, perhitungan dan pengukuran intensitas penerangan

Pusat Studi	Ruang	E standar (Lux)	E rata-rata (Lux)	E Aktual (Lux)
PUBLIKASI ILMIAH	Mushola	200	192,8388	131
	Rapat	350	144,1912	207,33
	Kepala	350	372,1645	105
	Wakil Kepala	350	372,1645	110
	Utama	350	69,4169	39,33
	ME	750	664,1522	690
	Lobby 6A	100	31,84836	285
HKI	Rapat	350	144,1912	662

	Kepala	350	372,1645	669,25
	Wakil Kepala	350	372,1645	255
	Utama	350	69,4169	40,72
PDPM	Mushola	200	192,8388	132
	Rapat	350	144,1912	87
	Kepala	350	372,1645	87,6
	Wakil Kepala	350	372,1645	81,6
	Utama	350	69,4169	261,6
	ME	750	664,1522	665
	Lobby 7A	100	31,84836	297,5
KELAUTAN	Rapat	350	144,1912	342
	Kepala	350	372,1645	245
	Wakil Kepala	350	372,1645	192
	Utama	350	69,4169	54
PPIDS	Mahagana	500	194,97	217
	Kerja Mahagana	300	1.086,23	250
	Kerja Utama	300	1.482,28	420
	Utama	300	349,52	167,4
NANOTEKNOLOGI	Lab nanoteknologi	500	194,97	365
	Kerja Lab	300	1.086,23	276
	Kerja Utama	300	1.482,28	420
	Utama	300	349,52	133,66
		300		
	Lobby 7B	100	47,78	298

Dari tabel tersebut dapat terlihat nilai dari intensitas penerangan standar, perhitungan dan aktual. Perancangan sistem penerangan pada lantai 6A dan 7 A yang sudah sesuai standar adalah hanya ruang kepala dan wakil kepala. Pada lantai 7B yang sudah sesuai standar adalah ruang kerja laboratorium, ruang kerja utama dan ruang utama. Nilai aktual diperoleh dengan melakukan pengukuran langsung pada ruang pusat study di lantai 6 dan 7 gedung pusat riset ITS. Nilai intensitas penerangan secara perhitungan diperoleh dengan kondisi semua lampu menyala. Pada kondisi aktual nilai intensitas penerangan berada dibawah perhitungan karena diakibatkan tidak semua lampu pada saat pengukuran dinyalakan. Adapun nilai intensitas penerangan berada diatas perhitungan karena diakibatkan dinding yang dilapisi kaca / jendela tidak tertutup tirai, jadi cahaya matahari juga masuk ketika pengukuran .

4.5 Rekomendasi Beban Pendinginan

Dari perhitungan yang telah dilakukan, didapatkan nilai beban radiasi yang cukup besar. Langkah penghematan yang dapat dilakukan adalah dengan memasang gorden pada sisi dalam kaca. Dengan adanya gorden akan menghambat sinar matahari yang akan masuk ke ruangan sehingga akan mengurangi radiasi matahari. Beban pendinginan AC akan berkurang sehingga kebutuhan daya juga akan berkurang.

Tabel 4.20 Beban pendinginan dengan penambahan tirai

Pusat Study	Beban Pendinginan (Btu/hr)	Penghematan (Btu/hr)	Beban Pendinginan baru (Btu/hr)	Kapasitas AC terpasang (Btu/hr)
Publikasi Ilmiah	117.054,89	414,073	116.640,81	124.600
HKI	90.331,40	414,073	89.917,32	93.200

PDPM	119.014,46	414,073	118.600,38	124.600
Kelautan	92.836,08	414,073	92.422	93.200
PPIDS	101.966,68	186,549	101.780,13	131.200
Nanoteknologi	109.835,68	186,549	109.649,13	131.200
Lobby 6A	63.639	10.064,99	53.574,01	72.400
Lobby 7A	63.639	10.064,99	53.574,01	72.400
Lobby 7B	132.973,7	38.228,65	94.745,05	72.400

Dengan penambahan tirai maka semua pusat study yang berada di lantai 6 dan 7 serta lobby masih dibawah kapasitas Indoor AC yang terpasang, kecuali lobby 7B yang masih tetap berada di atas kapasitas maksimum Indoor AC yang terpasang. Dengan penambahan tirai pada jendela kaca akan mengakibatkan cahaya dari matahari akan terhalangi, maka sesuai SNI 03-6575-2001 yang mencari kenyamanan dalam ruangan harus ada penambahan lampu jika masih ada di bawah nilai pada tabel 4.19

Pengaruh beban pendinginan yang diatasi oleh AC bertipe VRV adalah tergantung dengan beban pendinginan, karena volume refrigerant yang diatur oleh Expansi valve bertipe elektrik dapat berubah sesuai pengaruh beban pendinginan. Tetapi pada AC VRV yang terpasang di Gedung ini seluruhnya belum terkomputerisasi secara terpusat, maka dari itu ekspansi valve bertipe elektrik hanya bisa berfungsi seperti ekspansi konvensional TXV, tidak bisa mengatur volume refrigerant karena variasi beban yang akan ditangani tidak diatur secara sistem kontrol.

Setiap sisi lantai (A atau B) diatasi oleh 2 (nomor 1 utama & nomor 2 support) kompresor yang tersambung secara paralel

dengan semua indoor unit yang terpasang, jika total beban pendinginan indoor unit mampu diatasi oleh 1 kompresor saja. Maka kompresor nomor 2 akan mati secara otomatis.

4.6 Rekomendasi Pada Sistem Penerangan

4.6.1 Penambahan jumlah lampu

Sesuai dengan tingkat pencahayaan standar SNI. Dengan mengasumsikan jenis lampu yang digunakan sama dengan kondisi terpasang maka jumlah lampu dan jumlah armatur yang terpasang adalah seperti tabel 4.21 dibawah.

Tabel 4.21 Jumlah lampu dan armature standar

P u s a t S t u d i	Ruangan	Jenis Lampu	Daya (watt)	Jml lampu terpasang	Jml armatur terpasang	Tingkat pencahayaan	Daya Total Terpasang (watt)	Jml lampu standar	Jml armatur standar	Daya total standar (watt)
P u b l i k a s i I l m i a h	Mushola	BALK	72	4	2	192,8388	72	18	9	336
	Rapat	TBS 569	56	4	2	144,1912	56	34	17	475,75
	Kepala	TBS 569	28	2	1	372,1645	28	12	6	184,32
	Wakil Kepala	TBS 569	28	2	1	372,1645	28	12	6	184,32
	Utama	TBS 569	140	10	5	69,4169	140	70	35	988,23
	ME	BALK	72	4	2	664,1522	72	20	10	365,88
	Lobby 6 A	DN282B	418	19	19	31,84836	418	69	69	1519,7
H K I	Rapat	TBS 569	56	4	2	144,1912	56	34	17	475,75
	Kepala	TBS 569	28	2	1	372,1645	28	12	6	184,32
	Wakil Kepala	TBS 569	28	2	1	372,1645	28	12	6	184,32
	Utama	TBS 569	140	10	5	69,4169	140	70	35	988,23
P D P M	Mushola	BALK	72	4	2	192,8388	72	18	9	336
	Rapat	TBS 569	56	4	2	144,1912	56	34	17	475,75
	Kepala	TBS 569	28	2	1	372,1645	28	12	6	184,32
	Wakil Kepala	TBS 569	28	2	1	372,1645	28	12	6	184,32
	Utama	TBS 569	140	10	5	69,4169	140	70	35	988,23

	ME	BALK	72	4	2	664,1522	72	20	10	365,88
	Lobby 7 A	DN282B	418	19	19	31,84836	418	69	69	1519,7
K e l a u t a n	Rapat	TBS 569	56	4	2	144,1912	56	34	17	475,75
	Kepala	TBS 569	28	2	1	372,1645	28	12	6	184,32
	Wakil Kepala	TBS 569	28	2	1	372,1645	28	12	6	184,32
	Utama	TBS 569	140	10	5	69,4169	140	70	35	988,23
P P I D S	Mahagana	TBS 569 & RCV160 V	302	4 & 6	0,5	194,97	302	78 & 156	39 & 156	7891,36
	Kerja Mahagana	RCV160 V	41	1	0,5	1086,234	41	13	13	541,64
	Utama	TBS 569 & RCV160 V	302	4&6	0,5	1482,278	302	70 & 51	35 & 51	3083,83
	Kerja Utama	RCV160 V	82	2	0,5	349,52	82	10	10	396,92
N a n o t e k n o l o g i	Laboratorium	TBS 569 & RCV160 V	302	4 & 6	0,5	194,97	302	78 & 156	50	7891,36
	Kerja Laboratorium	RCV160 V	41	1	0,5	1086,234	41	13	13	541,64
	Utama	TBS 569 & RCV160 V	302	4&6	0,5	1482,278	302	70 & 51	42	3083,83
	Kerja Utama	RCV160 V	82	2	0,5	349,52	82	10	10	396,92
	Lobby 7B	DN283B	198	9	0,5	47,7873	198	46	46	1012,82

Dengan penambahan jumlah lampu dengan jenis lampu yang sama untuk mencapai kondisi standar maka kebutuhan daya pencahayaan juga akan meningkat. Untuk mencapai kondisi standar namun mampu mengurangi kebutuhan daya pencahayaan dibandingkan dengan penambahan jenis lampu yang sama tidak dapat dilakukan, karena lampu yang sudah terpasang adalah lampu jenis LED.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan pada sistem penerangan dan sistem pengkondisian udara dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Penggunaan listrik pada lantai 6A untuk sistem pengkondisian udara adalah 19,21 KW dan sistem penerangan adalah 1 KW. Sedangkan pada lantai 7 A sama yaitu untuk sistem pengkondisian udara adalah 19,21 KW dan sistem penerangan adalah 1 KW. Kemudian pada lantai 7B untuk sistem pengkondisian udara adalah 21,99 KW dan sistem penerangan adalah 1,65 KW.
2. Kondisi standar sistem pengkondisian udara pada lantai 6 A adalah 252.857,08 Btu/hr. Sedangkan pada lantai 7 A kondisi standar sistem pengkondisian udara yaitu 257.247,30 Btu/hr. Pada lantai 8A kondisi standar sistem pengkondisian udara yaitu 344.776,07 Btu/hr. Kemudian untuk sistem penerangan per ruangan adalah 200 Lux untuk mushola , 350 Lux untuk ruang kerja , 750 Lux untuk ruang ME , 500 Lux untuk laboratorium dan 100 untuk Lobby.
3. Kondisi eksisting sistem pengkondisian udara pada lantai 6 A yaitu Indoor unit berkapasitas total 290.200 Btu/hr dengan kapasitas maksimal Outdoor unit yaitu 306.000 Btu/hr, kondisi eksisting pada lantai 7 A sama dengan 6A. Sedangkan kondisi eksisting sistem penkondisian udara pada lantai 7 B yaitu indoor unit berkapasitas total 334.800 Btu/hr dengan kapasitas maksimal Outdoor Unit yaitu 363.375,04 Btu/hr. Lalu untuk sistem penerangan pada lantai 6 A yaitu 192,83 Lux pada mushola, 144 Lux pada ruang rapat, 372,16 Lux pada ruang kepala, 372,16 Lux pada ruang wakil kepala, 69,41 Lux pada ruang utama, 664,15 Lux pada ruang ME dan 31 Lux pada Lobby . Untuk

lantai 7 A kondisi sistem penerangan eksisting sama seperti lantai 6 A. Sedangkan untuk kondisi eksisting sistem penerangan pada lantai 7B yaitu 194,97 Lux pada ruang laboratorium, 1.086,234 Lux pada ruang kerja laboratorium, 1.482,27 Lux pada ruang kerja utama, 349,52 Lux pada ruang utama dan 47,78 Lux pada Lobby 7B

4. Pemasangan tirai berwarna putih tersebut akan menghemat beban pendinginan 3,95-11%. Akan Tetapi peluang penghematan untuk sistem penerangan tidak ada, karena lampu yang terpasang sudah bertipe LED yang bermerk terbaik di indonesia .
5. Rekomendasi untuk standar kenyamanan di semua pusat studi yang berada pada Lantai 6 dan 7 gedung pusat riset ITS adalah dengan men setting temperatur AC sesuai SNI-03-6390-2011 pada 24-27 °C untuk ruangan dan 27-30 °C untuk lobby . Sedangkan untuk sistem penerangan harus menambah intensitas penerangan sesuai SNI 03-6575-2001 adalah 200 Lux untuk mushola , 350 Lux untuk ruang kerja , 750 Lux untuk ruang ME , 500 Lux untuk laboratorium dan 100 untuk Lobby

5.2 Saran

Beberapa saran yang dapat diberikan pada pengelola gedung pusat riset ITS terutama untuk lantai 6 dan 7 setelah melakukan penelitian sebagai berikut :

1. Rekomendasi peluang penghematan energi untuk pemasangan tirai hendaknya mampu diaplikasikan pada seluruh Pusat Studi di gedung pusat riset ITS Surabaya
2. Rekomendasi untuk mencapainya kenyamanan pencahayaan dan temperatur ruangan sesuai SNI 03-6575-2001 dan SNI-03-6390-2011 hendaknya diaplikasikan pada seluruh Pusat Studi gedung pusat riset ITS Surabaya.
3. Penambahan atau pengurangan kapasitas indoor unit sesuai perhitungan beban pendinginan yang tersedia oleh pabrikan AC untuk memenuhi beban pendinginan yang paling optimal.

DAFTAR PUSTAKA

Good Practice Guide 300. 2002. “**The installer’s guide to lighting design**. London, UK : Department of Energy & Climate Change.”

Hendra.2009.”Tekanan Panas dan Metode Pengukurannya di Tempat Kerja”.**Semiloka Keterampilan Pengukuran Bahaya Fisik dan Kimia di Tempat Kerja**. Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia, Indonesia.

Huda, Miftahul . 2016. “**Evaluasi Kebutuhan Energi Pada Sistem Pengkondisian Udara dan Sistem Penerangan Untuk Ruang Laboratorium Jurusan Teknik Mesin ITS Surabaya** : ITS Surabaya . Indonesia.”

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral , Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan. 2016. “**Statistik Ketenagalistrikan 2015**.”

Lake Point Energy.2018.**Demand Management**. <URL: <http://www.lakepointenergy.com/demand-management/>

Lighting Calculations in the LED Era.2018. <URL: https://www.mouser.co.id/applications/lighting_calculations/
Perusahaan Listrik Negara.2016.”**Statistik PLN 2016**.”

Pita Edward G .2002. “**Air Conditioning Principles and Systems An Energy Approach 4th Edition**. Prentice Hall,Inc.”

Praktikum S-1 Fisika Bangunan. Sistem Pencahayaan Buatan Pada Bangunan. **Modul Laboratorium Vibrai**. Departemen Teknik Fisika ITS, Surabaya

Rudoy, William . 1980. **“Cooling and Heating Load Calculation Manual**. Washington, D.C : Department of Housing and Urban Development.”

Standard ASHRAE 100-2015. **“Energy Efficiency In Energy Building”**

Sundarion, Laura . 2012. **“Evaluasi Peluang Penghematan energi pada lantai 3 Gedung Mall di Surabaya Dengan Metode Analisa Beban Pendingin : ITS Surabaya . Indonesia.”**

SNI 03-6196-2011. **“Proses Audit Energi pada Bangunan Gedung”**

SNI 03-6390-2011. **“Konservasi Energi pada Sistem Tata Udara pada Bangunan Gedung”**

SNI 03-6197-2011. **“Konservasi Energi pada Sistem Pencahayaan”**

SNI 03-6572-2001. **“Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Buatan”**

Variable Refrigerant Flow (VRF) Systems. **Paper Carrier Corporation**. Syracuse, New York

LAMPIRAN

A. Perhitungan beban pendinginan konduksi dinding , kaca dan partisi

[illegible]

Lanjutan

L A N T A K I 6 A	R A P A T K E P A L W A K I K E P A L S T A F U T A M A	Rapat	Selata/SE-NE	Partisi dinding	20,3	9,8	198,94	0,34	-	3,6	-	-	-	-	243,5026	-	-	243,5026	-	-	243,5026
			Utara/NW-SW	Partisi gypsum	8,8	9,8	86,24	0,32	-	3,6	-	-	-	-	99,34848	-	-	99,34848	-	-	99,34848
			Barat/SW-NW	partisi dinding	17,7	4,5	79,65	0,34	-	3,6	-	-	-	-	97,4916	-	-	97,4916	-	-	97,4916
			Timur/NE-SE	CLTD dinding	17,7	4,5	79,65	0,23	0,65	-	82,4	3	10	6,85	125,4886	22	14,65	268,3807	23	15,3	280,28835
				CLTD kaca	17,7	5,3	93,81	0,81	-	-	82,4	-	2	0,4	30,39444	12	10,4	790,2554	14	12,4	942,22764
			Langit-langit	partisi	20,3	17,7	359,31	0,25	-	3,6	-	-	-	-	323,379	-	-	323,379	-	-	323,379
			Lantai	partisi	20,3	17,7	359,31	0,25	-	3,6	-	-	-	-	323,379	-	-	323,379	-	-	323,379
			TOTAL BEBAN SETIAP JAM (BTU/H)												1242,983655			2145,736795			2309,61667
			Kepala	Selata/SE-NE	Partisi gypsum	11,8	9,8	115,64	0,32	-	3,6	-	-	-	133,2173	-	-	133,2173	-	-	133,21728
				Utara/NW-SW	Partisi gypsum	11,8	9,8	115,64	0,32	-	3,6	-	-	-	133,2173	-	-	133,2173	-	-	133,21728
				Barat/SW-NW	Partisi kaca	11,8	5,3	62,54	1,04	-	3,6	-	-	-	234,1498	-	-	234,1498	-	-	234,1498
				Timur/NE-SE	partisi gypsum	11,8	4,5	53,1	0,32	-	3,6	-	-	-	61,1712	-	-	61,1712	-	-	61,1712
					CLTD kaca	11,8	5,3	62,54	0,81	-	-	82,4	2	0,4	20,26296	12	10,4	526,837	14	12,4	628,15176
				CLTD dinding	11,8	4,5	53,1	0,23	0,65	-	82,4	3	10	6,85	83,65905	22	14,65	178,9205	23	15,3	186,8589
				Langit-langit	partisi	11,8	11,8	139,24	0,25	-	3,6	-	-	-	125,316	-	-	125,316	-	-	125,316
				Lantai	partisi	11,8	11,8	139,24	0,25	-	3,6	-	-	-	125,316	-	-	125,316	-	-	125,316
			TOTAL BEBAN SETIAP JAM (BTU/H)												916,30953			1518,14497			1627,39822
			Wakil Kepala	Selata/SE-NE	Partisi gypsum	11,8	9,8	115,64	0,32	-	3,6	-	-	-	133,2173	-	-	133,2173	-	-	133,21728
				Utara/NW-SW	Partisi gypsum	11,8	9,8	115,64	0,32	-	3,6	-	-	-	133,2173	-	-	133,2173	-	-	133,21728
				Barat/SW-NW	Partisi kaca	11,8	5,3	62,54	1,04	-	3,6	-	-	-	234,1498	-	-	234	-	-	234
				Timur/NE-SE	partisi gypsum	11,8	4,5	53,1	0,32	-	3,6	-	-	-	61,1712	-	-	61,1712	-	-	61,1712
					CLTD kaca	11,8	5,3	62,54	0,81	-	-	82,4	2	0,4	20,26296	12	10,4	526,837	14	12,4	628,15176
				CLTD dinding	11,8	4,5	53,1	0,23	0,65	-	82,4	3	10	6,85	83,65905	22	14,65	178,9205	23	15,3	186,8589
				Langit-langit	partisi	11,8	11,8	139,24	0,25	-	3,6	-	-	-	125,316	-	-	125,316	-	-	125,316
				Lantai	partisi	11,8	11,8	139,24	0,25	-	3,6	-	-	-	125,316	-	-	125,316	-	-	125,316
			TOTAL BEBAN SETIAP JAM (BTU/H)												916,30953			1517,99517			1627,24842
			staff	Selata/SE-NE	Partisi dinding	15,1	9,8	147,98	0,34	-	3,6	-	-	-	181,1275	-	-	181,1275	-	-	181,1275
				Utara/NW-SW	partisi kaca	3,2	9,8	31,36	1,04	-	3,6	-	-	-	117,4118	-	-	117,4118	-	-	117,4118
				Barat/SW-NW	partisi kaca	17,7	9,8	173,46	1,04	-	3,6	-	-	-	649,4342	-	-	649,4342	-	-	649,4342
				Timur/NE-SE																	
					partisi dinding	17,7	9,8	173,46	0,34	-	3,6	-	-	-	212,315	-	-	212,315	-	-	212,315
				Langit-langit	partisi	17,7	15,1	267,27	0,25	-	3,6	-	-	-	240,543	-	-	240,543	-	-	240,543
				Lantai	partisi	17,7	15,1	267,27	0,25	-	3,6	-	-	-	240,543	-	-	240,543	-	-	240,543
				TOTAL BEBAN SETIAP JAM (BTU/H)											1641,37464			1641,3745			1641,3745
			Utama	Selata/SE-NE	Partisi gypsum	8,53	9,8	83,594	0,32	-	3,6	-	-	-	96,30029	-	-	96,30029	-	-	96,300288
				Utara/NW-SW	partisi dinding	20,3	9,8	198,94	0,34	-	3,6	-	-	-	243,5026	-	-	243,5026	-	-	243,5026
				Barat/SW-NW	partisi kaca	17,7	9,8	173,46	1,04	-	3,6	-	-	-	649,4342	-	-	649,4342	-	-	649,4342
				Timur/NE-SE	partisi gypsum	14,4	4,5	64,8	0,32	-	3,6	-	-	-	74,6496	-	-	74,6496	-	-	74,6496
					Partisi kaca	14,4	5,3	76,32	1,04	-	3,6	-	-	-	285,7421	-	-	285,7421	-	-	285,7421
				Langit-langit	partisi	23,6	20,3	479,08	0,25	-	3,6	-	-	-	431,172	-	-	431,172	-	-	431,172
				Lantai	partisi	23,6	20,3	479,08	0,25	-	3,6	-	-	-	431,172	-	-	431,172	-	-	431,172
				TOTAL BEBAN SETIAP JAM (BTU/H)											2211,972768			2211,972788			2211,972788

Lanjutan

Mushola	Utara/NW-SW	CLTD dinding	12,6	9,8	123,48	0,23	0,65	82,4	3	8	5,55	157,6222	9	6,3	176,0821	12	8,15	231,4632	
	Selata/SE-NE	Partisi dinding	8,5	9,8	83,3	0,34	3,6				101,9592			101,9592			101,9592		
	Barat/SW-NW	Partisi dinding	19,5	9,8	191,91	0,34	3,6				233,9064			233,9064			233,9064		
	Timur/NE-SE	CLTD dinding	25,4	9,8	248,92	0,23	0,65	82,4	3	30	6,85	182,1775	22	14,65	188,7259	15,3	15,3	479,3048	
	Langit-langit	partisi	25,4	14,5	345,44	0,25	3,6				310,896			310,896			310,896		
	Lantai	partisi	25,4	13,6	345,44	0,25	3,6				310,896			310,896			310,896		
	TOTAL BEBAN SETIAP JAM (BTU/H)										1307,4532			1373,4749			2065,0704		
	Rapap	Utara/NW-SW	Partisi dinding	20,3	9,8	198,94	0,34	3,6				243,5026			243,5026			243,5026	
		Selata/SE-NE	Partisi gypsum	8,8	9,8	86,24	0,32	3,6				99,34848			99,34848			99,34848	
		Barat/SW-NW	partisi dinding	17,7	4,5	79,65	0,34	3,6	1,6			97,4916			97,4916			97,4916	
		Timur/NE-SE	CLTD dinding	17,7	4,5	79,65	0,23	0,65	82,4	3	10	6,85	125,4886	22	14,65	268,3807	23	15,3	280,2885
		Langit-langit	partisi	17,7	5,3	93,81	0,81	3,6	82,4	3	0	0,0	80,85444	12	10,4	180,2554	14	12,4	342,2274
Lantai		partisi	20,3	17,7	359,31	0,25	3,6				333,379			333,379			333,379		
TOTAL BEBAN SETIAP JAM (BTU/H)										1342,96555			1245,73675			2009,45657			
Kepala		Utara/NW-SW	Partisi gypsum	11,8	9,8	115,64	0,32	3,6				133,2173			133,2173			133,2173	
		Selata/SE-NE	Partisi gypsum	11,8	9,8	115,64	0,32	3,6				133,2173			133,2173			133,2173	
		Barat/SW-NW	Partisi kaca	11,8	5,3	62,54	1,04	3,6				234,1488			234,1488			234,1488	
		Timur/NE-SE	Partisi gypsum	11,8	4,5	53,1	0,32	3,6				63,1712			63,1712			63,1712	
		CLTD kaca	partisi	11,8	5,3	62,54	0,81	3,6	82,4	3	0	0,4	20,36296	12	10,4	258,817	14	12,4	428,1376
	CLTD dinding	partisi	11,8	4,5	53,1	0,23	0,65	82,4	3	10	6,85	83,65955	22	14,65	178,9205	23	15,3	186,8589	
	Langit-langit	partisi	11,8	11,8	139,24	0,25	3,6				125,316			125,316			125,316		
	Lantai	partisi	11,8	11,8	139,24	0,25	3,6				125,316			125,316			125,316		
	TOTAL BEBAN SETIAP JAM (BTU/H)										916,30953			1318,14497			1627,9882		
	Wakil Kepala	Utara/NW-SW	Partisi gypsum	11,8	9,8	115,64	0,32	3,6				133,2173			133,2173			133,2173	
		Selata/SE-NE	Partisi gypsum	11,8	9,8	115,64	0,32	3,6				133,2173			133,2173			133,2173	
		Barat/SW-NW	Partisi kaca	11,8	5,3	62,54	1,04	3,6				234,1488			234,1488			234,1488	
Timur/NE-SE		Partisi gypsum	11,8	4,5	53,1	0,32	3,6				63,1712			63,1712			63,1712		
CLTD kaca		partisi	11,8	5,3	62,54	0,81	3,6	82,4	3	0	0,4	20,36296	12	10,4	258,817	14	12,4	428,1376	
CLTD dinding		partisi	11,8	4,5	53,1	0,23	0,65	82,4	3	10	6,85	83,65955	22	14,65	178,9205	23	15,3	186,8589	
Langit-langit		partisi	11,8	11,8	139,24	0,25	3,6				125,316			125,316			125,316		
Lantai		partisi	11,8	11,8	139,24	0,25	3,6				125,316			125,316			125,316		
TOTAL BEBAN SETIAP JAM (BTU/H)										916,30953			1317,99517			1627,9882			
staff		Utara/NW-SW	Partisi dinding	15,1	9,8	147,98	0,34	3,6				181,1275			181,1275			181,1275	
		Selata/SE-NE	Partisi kaca	3,2	9,8	31,36	1,04	3,6				117,4118			117,4118			117,4118	
		Barat/SW-NW	Partisi kaca	17,7	9,8	173,46	1,04	3,6				649,4342			649,4342			649,4342	
	Timur/NE-SE	partisi dinding	17,7	9,8	173,46	0,34	3,6				212,315			212,315			212,315		
	Langit-langit	partisi	17,7	15,1	267,27	0,25	3,6				240,543			240,543			240,543		
	Lantai	partisi	17,7	15,1	267,27	0,25	3,6				240,543			240,543			240,543		
	TOTAL BEBAN SETIAP JAM (BTU/H)										1641,37464			1641,3745			1641,3745		
	Utama	Utara/NW-SW	Partisi gypsum	8,53	9,8	83,994	0,32	3,6				96,30029			96,30029			96,30029	
		Selata/SE-NE	partisi dinding	20,3	9,8	198,94	0,34	3,6				243,5026			243,5026			243,5026	
		Barat/SW-NW	Partisi kaca	17,7	9,8	173,46	1,04	3,6				649,4342			649,4342			649,4342	
		Timur/NE-SE	partisi kaca	14,4	4,5	64,8	0,32	3,6				74,6496			74,6496			74,6496	
		CLTD kaca	partisi	14,4	5,3	76,52	1,04	3,6				285,7421			285,7421			285,7421	
Langit-langit		partisi	23,6	20,3	479,08	0,25	3,6				431,172			431,172			431,172		
Lantai		partisi	23,6	20,3	479,08	0,25	3,6				431,172			431,172			431,172		
TOTAL BEBAN SETIAP JAM (BTU/H)										2211,92788			2211,92788			2211,92788			
ME		Utara/NW-SW	Partisi dinding	8,5	9,8	83,3	0,34	3,6				101,9592			101,9592			101,9592	
		Selata/SE-NE	partisi gypsum	5,9	9,8	57,82	0,32	3,6				66,60861			66,60861			66,60861	
		Barat/SW-NW	Partisi dinding	5,9	9,8	57,82	0,34	3,6				70,77168			70,77168			70,77168	
		Timur/NE-SE	CLTD dinding	11,8	9,8	115,64	0,23	0,65	82,4	3	10	6,85	182,1968	22	14,65	389,649	23	15,3	406,9376
	Langit-langit	partisi	8,5	11,8	100,3	0,25	3,6				90,27			90,27			90,27		
	Lantai	partisi	8,5	11,8	100,3	0,25	3,6				90,27			90,27			90,27		
	TOTAL BEBAN SETIAP JAM (BTU/H)										682,02934			689,5282			826,01668		
	Lobby A1	Utara/NW-SW	Partisi dinding	27	9,8	264,6	0,34	3,6				323,8704			323,8704			323,8704	
		Selata/SE-NE	partisi dinding	18	9,8	176,4	0,34	3,6				215,9136			215,9136			215,9136	
		Barat/SW-NW	partisi dinding	5,9	9,8	57,82	0,34	3,6				70,77168			70,77168			70,77168	
		Timur/NE-SE	partisi dinding	5,9	9,8	57,82	0,34	3,6				70,77168			70,77168			70,77168	
		Langit-langit	partisi	38,8	17,8	690,64	0,25	3,6				621,576			621,576			621,576	
Lantai		partisi	38,8	17,8	690,64	0,25	3,6				621,576			621,576			621,576		
TOTAL BEBAN SETIAP JAM (BTU/H)										1871,3636			1871,3636			1871,3636			
Lobby A2		Utara/NW-SW	Partisi dinding	27	9,8	264,6	0,34	3,6				323,8704			323,8704			323,8704	
		Selata/SE-NE	partisi dinding	18	9,8	176,4	0,34	3,6				215,9136			215,9136			215,9136	
		Barat/SW-NW	partisi dinding	5,9	9,8	57,82	0,34	3,6				70,77168			70,77168			70,77168	
		Timur/NE-SE	partisi dinding	5,9	9,8	57,82	0,34	3,6				70,77168			70,77168			70,77168	
		Langit-langit	partisi	38,8	17,8	690,64	0,25	3,6				621,576			621,576			621,576	
	Lantai	partisi	38,8	17,8	690,64	0,25	3,6				621,576			621,576			621,576		
	TOTAL BEBAN SETIAP JAM (BTU/H)										1924,47936			1924,47936			1924,47936		
	Lobby A3	Utara/NW-SW	Partisi dinding	18,3	9,8	179,34	0,34	3,6				219,5122			219,5122			219,5122	
		Partisi kaca	3,2	9,8	31,36	1,04	3,6					117,4118			117,4118			117,4118	
		Selata/SE-NE	Partisi dinding	15,8	9,8	154,64	0,34	3,6				189,5243			189,5243			189,5243	
		Partisi kaca	3,2	9,8	31,36	1,04	3,6					117,4118			117,4118			117,4118	
		CLTD kaca	partisi	59,3	9,8	912,38	0,81	3,6	85,1	2	3,1	2347,554	12	13,1	1920,308	14	15,1	11434,829	
Timur/NE-SE		partisi kaca	69,3	9,8	683,1	1,04	3,6				2550,038			2550,038			2550,038		
Langit-langit		partisi	69,3	18,3	1703,73	0,25	3,6				1533,367			1533,367			1533,367		
Lantai		partisi	69,3	18,3	1703,73	0,25	3,6				1533,367			1533,367			1533,367		
TOTAL BEBAN SETIAP JAM (BTU/H)										8608,46644			16180,91974			17029,47014			
Jembatan		Utara/NW-SW	CLTD KACA	35,4	9,8	346,92	0,81	3,6	85,1	2	3,1	871,1161	12	13,1	1981,146	14	15,1	12433,785	
		Selata/SE-NE	CLTD KACA	35,4	9,8	346,92	0,81	3,6	85,1	2	3,1	892,6223	12	13,1	1772,061	14	15,1	1487,9484	
		Barat/SW-NW																	
	Timur/NE-SE																		
	Langit-langit	partisi	93,1	18,3	1703,73	0,25	3,6				1533,367			1533,367			1533,367		
	Lantai	partisi	93,1	18,3	1703,73	0,25	3,6				1533,367			1533,367			1533,367		
	TOTAL BEBAN SETIAP JAM (BTU/H)										8608,46644			16180,91974			17029,47014		
	Jembatan	Utara/NW-SW	CLTD KACA	35,4	9,8	346,92	0,81	3,6	85,1	2	3,1	871,1161	12	13,1	1981,146	14	15,1	12433,785	
		Selata/SE-NE	CLTD KACA	35,4	9,8	346,92	0,81	3,6	85,1	2	3,1	892,6223	12	13,1	1772,061	14	15,1	1487,9484	
		Barat/SW-NW																	
		Timur/NE-SE																	
		Langit-langit	partisi	93,1	18,3	1703,73	0,25	3,6				1533,367			1533,367			1533,367	
Lantai		partisi	93,1	18,3	1703,73	0,25	3,6				1533,367			1533,367			1533,367		
TOTAL BEBAN SETIAP JAM (BTU/H)										8608,46644			16180,91974			17029,47014			
Jembatan		Utara/NW-SW	CLTD KACA	35,4	9,8	346,92	0,81	3,6	85,1	2	3,1	871,1161	12	13,1	1981,146	14	15,1	12433,785	
		Selata/SE-NE	CLTD KACA	35,4	9,8	346,92	0,81	3,6	85,1	2	3,1	892,6223	12	13,1	1772,061	14	15,1	1487,9484	
		Barat/SW-NW																	
		Timur/NE-SE																	
		Langit-langit	partisi	93,1															

Lanjutan

Rapat	Selata/SE-NE	Partisi dinding	20,3	9,8	198,94	0,34	-	3,6	-	-	-	243,5026	-	243,5026	-	243,5026			
	Utara/NW-SW	Partisi gypsum	8,8	9,8	86,24	0,32	-	3,6	-	-	-	99,34848	-	99,34848	-	99,34848			
	Barat/SW-NW	partisi dinding	17,7	4,5	79,65	0,34	-	3,6	-	-	-	97,4916	-	97,4916	-	97,4916			
	Timur/NE-SE	CLTD dinding	17,7	4,5	79,65	0,23	0,65	-	82,4	3	10	6,85	125,4886	22	14,65	268,3807	23	15,3	280,28835
		CLTD kaca	17,7	5,3	93,81	0,81	-	-	82,4	-	2	0,4	30,39444	12	10,4	790,2554	14	12,4	942,22764
	Langit-langit	partisi	20,3	17,7	359,31	0,25	-	3,6	-	-	-	-	323,379	-	-	323,379	-	-	323,379
	Lantai	partisi	20,3	17,7	359,31	0,25	-	3,6	-	-	-	-	323,379	-	-	323,379	-	-	323,379
	TOTAL BEBAN SETIAP JAM (BTU/Hr)											1242,983655			2145,736795			2309,61667	
	Kepala	Selata/SE-NE	Partisi gypsum	11,8	9,8	115,64	0,32	-	3,6	-	-	-	133,2173	-	133,2173	-	133,21728		
Utara/NW-SW		Partisi gypsum	11,8	9,8	115,64	0,32	-	3,6	-	-	-	133,2173	-	133,2173	-	133,21728			
Barat/SW-NW		Partisi kaca	11,8	5,3	62,54	1,04	-	3,6	-	-	-	234,1498	-	234,1498	-	234,1498			
		partisi gypsum	11,8	4,5	53,1	0,32	-	3,6	-	-	-	61,1712	-	61,1712	-	61,1712			
Timur/NE-SE		CLTD kaca	11,8	5,3	62,54	0,81	-	-	82,4	-	2	0,4	20,26296	12	10,4	526,837	14	12,4	628,15176
		CLTD dinding	11,8	4,5	53,1	0,23	0,65	-	82,4	3	10	6,85	83,65905	22	14,65	178,9205	23	15,3	186,8589
Langit-langit		partisi	11,8	11,8	139,24	0,25	-	3,6	-	-	-	-	125,316	-	-	125,316	-	-	125,316
Lantai		partisi	11,8	11,8	139,24	0,25	-	3,6	-	-	-	-	125,316	-	-	125,316	-	-	125,316
TOTAL BEBAN SETIAP JAM (BTU/Hr)											916,30953			1518,14497			1627,39822		
Wakil Kepala	Selata/SE-NE	Partisi gypsum	11,8	9,8	115,64	0,32	-	3,6	-	-	-	133,2173	-	133,2173	-	133,21728			
	Utara/NW-SW	Partisi gypsum	11,8	9,8	115,64	0,32	-	3,6	-	-	-	133,2173	-	133,2173	-	133,21728			
	Barat/SW-NW	Partisi kaca	11,8	5,3	62,54	1,04	-	3,6	-	-	-	234,1498	-	234	-	234			
		partisi gypsum	11,8	4,5	53,1	0,32	-	3,6	-	-	-	61,1712	-	61,1712	-	61,1712			
	Timur/NE-SE	CLTD kaca	11,8	5,3	62,54	0,81	-	-	82,4	-	2	0,4	20,26296	12	10,4	526,837	14	12,4	628,15176
		CLTD dinding	11,8	4,5	53,1	0,23	0,65	-	82,4	3	10	6,85	83,65905	22	14,65	178,9205	23	15,3	186,8589
	Langit-langit	partisi	11,8	11,8	139,24	0,25	-	3,6	-	-	-	-	125,316	-	-	125,316	-	-	125,316
	Lantai	partisi	11,8	11,8	139,24	0,25	-	3,6	-	-	-	-	125,316	-	-	125,316	-	-	125,316
TOTAL BEBAN SETIAP JAM (BTU/Hr)											916,30953			1517,99517			1627,24842		
staff	Selata/SE-NE	Partisi dinding	15,1	9,8	147,98	0,34	-	3,6	-	-	-	181,1275	-	181,1275	-	181,1275			
	Utara/NW-SW	partisi kaca	3,2	9,8	31,36	1,04	-	3,6	-	-	-	117,4118	-	117,4118	-	117,4118			
	Barat/SW-NW	Partisi kaca	17,7	9,8	173,46	1,04	-	3,6	-	-	-	649,4342	-	649,4342	-	649,4342			
	Timur/NE-SE	partisi dinding	17,7	9,8	173,46	0,34	-	3,6	-	-	-	212,315	-	212,315	-	212,315			
	Langit-langit	partisi	17,7	15,1	267,27	0,25	-	3,6	-	-	-	240,543	-	240,543	-	240,543			
	Lantai	partisi	17,7	15,1	267,27	0,25	-	3,6	-	-	-	240,543	-	240,543	-	240,543			
	TOTAL BEBAN SETIAP JAM (BTU/Hr)											1641,37464			1641,3745			1641,3745	
Utama	Selata/SE-NE	Partisi gypsum	8,53	9,8	83,594	0,32	-	3,6	-	-	-	96,30029	-	96,30029	-	96,300288			
	Utara/NW-SW	partisi dinding	20,3	9,8	198,94	0,34	-	3,6	-	-	-	243,5026	-	243,5026	-	243,5026			
	Barat/SW-NW	Partisi kaca	17,7	9,8	173,46	1,04	-	3,6	-	-	-	649,4342	-	649,4342	-	649,4342			
	Timur/NE-SE	partisi gypsum	14,4	4,5	64,8	0,32	-	3,6	-	-	-	74,6496	-	74,6496	-	74,6496			
		Partisi kaca	14,4	5,3	76,32	1,04	-	3,6	-	-	-	285,7421	-	285,7421	-	285,7421			
	Langit-langit	partisi	23,6	20,3	479,08	0,25	-	3,6	-	-	-	431,172	-	431,172	-	431,172			
	Lantai	partisi	23,6	20,3	479,08	0,25	-	3,6	-	-	-	431,172	-	431,172	-	431,172			
	TOTAL BEBAN SETIAP JAM (BTU/Hr)											2211,972768			2211,972788			2211,972788	

Lanjutan

Mahagana	Utara/NW-SW	CLTD dinding	27,5	13,1	360,25	0,23	0,65	82,4	3	8	5,55	459,8591	9	6,2	513,7165	12	8,15	675,28863
		partisi dinding	10,1	13,1	132,31	0,34	3,6					163,9474			163,9474			163,9474
	Selata/SE-NE	Partisi dinding	18,4	13,1	241,04	0,34	3,6					295,033			295,033			295,033
	Barat/SW-NW	CLTD dinding	31,06	13,1	406,886	0,23	0,65	82,4	6	9	8,15	762,7078	10	8,8	823,5373	16	12,7	1188,514
	Timur/NE-SE	Partisi dinding	9,2	13,1	120,52	0,34	3,6					147,5165			147,5165			147,5165
		Partisi kaca	12,4	13,1	162,44	1,04	3,6					608,1754			608,1754			608,1754
	Langit-langit	partisi	28,42	46,6	1322,95	0,34	3,6					1619,292			1619,292			1619,292
	Lantai	partisi	28,42	46,6	1322,95	0,25	3,6					1100,656			1100,656			1100,656
	TOTAL BEBAN SETAP JAM (BTU/H)																	
											5245,187056			5393,873988			5886,422855	
Kerja Mahagana	Utara/NW-SW	Partisi gypsum	13,2	9,8	129,36	0,32	3,6					149,0227			149,0227			149,0227
	Selata/SE-NE	Partisi dinding	16,1	9,8	157,78	0,34	3,6					193,1227			193,1227			193,1227
	Barat/SW-NW	CLTD kaca	11,8	5,3	62,54	0,83	3,6	82,4	2	0,4	20,76328	12	10,4	839,8453	14	12,4	643,66168	
		Partisi dinding	11,8	9,8	115,64	0,34	3,6					141,5434			183,1738			183,1738
	Timur/NE-SE	Partisi dinding	11,8	9,8	115,64	0,34	3,6					141,5434			183,1738			183,1738
	Langit-langit	partisi	11,8	16,1	189,98	0,25	3,6					170,982			170,982			170,982
	Lantai	partisi	11,8	16,1	189,98	0,25	3,6					170,982			170,982			170,982
	TOTAL BEBAN SETAP JAM (BTU/H)																	
											945,95203			1514,6029			1666,05	
	Kerja Utama	Utara/NW-SW	Partisi dinding	15,1	9,8	147,98	0,34	3,6					181,1275			181,1275		
Selata/SE-NE		Partisi gypsum	14,7	4,5	66,15	0,32	3,6					76,2048			76,2048			76,2048
		Partisi kaca	14,7	5,3	77,91	1,04	3,6					291,695			291,695			291,695
Barat/SW-NW		Partisi dinding	11,8	9,8	115,64	0,34	3,6					141,5434			141,5434			141,5434
Timur/NE-SE		Partisi dinding	11,8	9,8	115,64	0,34	3,6					141,5434			141,5434			141,5434
Langit-langit		partisi	11,8	11,8	139,24	0,25	3,6					125,316			125,316			125,316
Lantai		partisi	11,8	11,8	139,24	0,25	3,6					125,316			125,316			125,316
TOTAL BEBAN SETAP JAM (BTU/H)																		
											1082,74608			1082,7461			1082,7461	
Utama		Utara/NW-SW	Partisi dinding	39,8	9,8	390,04	0,34	3,6					477,409			477,409		
	Selata/SE-NE	Partisi gypsum	14,7	4,5	66,15	0,32	3,6					76,2048			76,2048			76,2048
		Partisi dinding	22,7	9,8	222,46	0,34	3,6					272,291			272,291			272,29104
	Partisi kaca	14,7	5,3	77,91	1,04	3,6					291,695			291,695			291,69504	
	Barat/SW-NW	CLTD kaca	23,6	5,3	125,08	0,83	3,6	82,4	2	0,4	41,52656	12	10,4	1079,691	14	12,4	1287,3234	
	Timur/NE-SE	Partisi kaca	20,9	9,8	204,82	1,04	3,6					766,8461			766,8461			766,8461
	Langit-langit	partisi	23,62	31,3	738,597	0,25	3,6					664,7377			664,7377			664,73766
	Lantai	partisi	23,62	31,3	738,597	0,25	3,6					664,7377			664,7377			664,73766
	TOTAL BEBAN SETAP JAM (BTU/H)																	
											3454,5197			4508,5606			4811,4548	
Lab nanoteknologi	Selata/SE-NE	CLTD dinding	27,5	13,1	360,25	0,23	0,65	82,4	6	10	1	82,8705	20	7,5	621,4113	31	15,05	1213,8624
	Utara/NW-SW	Partisi dinding	10,1	13,1	132,31	0,34	3,6					163,9474			163,9474			163,9474
	Selatan/SE-NE	Partisi dinding	18,4	13,1	241,04	0,34	3,6					295,033			295,033			295,033
	Barat/SW-NW	CLTD dinding	31,06	13,1	406,886	0,23	0,65	82,4	6	9	8,15	762,7078	10	8,8	823,5373	16	12,7	1188,514
	Timur/NE-SE	Partisi dinding	9,2	13,1	120,52	0,34	3,6					147,5165			147,5165			147,5165
		Partisi kaca	12,4	13,1	162,44	1,04	3,6					608,1754			608,1754			608,1754
	Langit-langit	partisi	28,42	46,6	1322,95	0,34	3,6					1619,292			1619,292			1619,292
	Lantai	partisi	28,42	46,6	1322,95	0,25	3,6					1100,656			1100,656			1100,656
	TOTAL BEBAN SETAP JAM (BTU/H)																	
											4868,185471			5467,588738			6434,96669	
Kerja Lab	Utara/NW-SW	Partisi gypsum	13,2	9,8	129,36	0,32	3,6					149,0227			149,0227			149,0227
	Selatan/SE-NE	Partisi dinding	16,1	9,8	157,78	0,34	3,6					193,1227			193,1227			193,1227
	Barat/SW-NW	CLTD kaca	11,8	4,5	53,1	0,23	0,65	82,4	6	9	8,15	99,53695	10	8,8	107,4744	16	12,7	155,1051
		CLTD kaca	11,8	5,3	62,54	0,83	3,6	82,4	2	0,4	20,76328	12	10,4	839,8453	14	12,4	643,66168	
	Timur/NE-SE	Partisi dinding	11,8	9,8	115,64	0,34	3,6					141,5434			141,5434			141,5438
	Langit-langit	partisi	11,8	16,1	189,98	0,25	3,6					170,982			170,982			170,982
	Lantai	partisi	11,8	16,1	189,98	0,25	3,6					170,982			170,982			170,982
	TOTAL BEBAN SETAP JAM (BTU/H)																	
											945,95203			1472,97246			1624,1956	
	Kerja Utama	Utara/NW-SW	Partisi dinding	15,1	9,8	147,98	0,34	3,6					181,1275			181,1275		
Selata/SE-NE		Partisi gypsum	14,7	4,5	66,15	0,32	3,6					76,2048			76,2048			76,2048
		Partisi kaca	14,7	5,3	77,91	1,04	3,6					291,695			291,695			291,695
Barat/SW-NW		Partisi dinding	11,8	9,8	115,64	0,34	3,6					141,5434			141,5434			141,5434
Timur/NE-SE		Partisi dinding	11,8	9,8	115,64	0,34	3,6					141,5434			141,5434			141,5434
Langit-langit		partisi	11,8	11,8	139,24	0,25	3,6					125,316			125,316			125,316
Lantai		partisi	11,8	11,8	139,24	0,25	3,6					125,316			125,316			125,316
TOTAL BEBAN SETAP JAM (BTU/H)																		
											1082,74608			1082,7461			1082,7461	
Utama		Utara/NW-SW	Partisi dinding	39,8	9,8	390,04	0,34	3,6					477,409			477,409		
	Selata/SE-NE	Partisi gypsum	14,7	4,5	66,15	0,32	3,6					76,2048			76,2048			76,2048
		Partisi dinding	22,7	9,8	222,46	0,34	3,6					272,291			272,291			272,29104
	Partisi kaca	14,7	5,3	77,91	1,04	3,6					291,695			291,695			291,69504	
	Barat/SW-NW	CLTD kaca	23,6	5,3	125,08	0,83	3,6	82,4	2	0,4	41,52656	12	10,4	1079,691	14	12,4	1287,3234	
	Timur/NE-SE	Partisi kaca	20,9	9,8	204,82	1,04	3,6					766,8461			766,8461			766,8461
	Langit-langit	partisi	23,62	31,3	738,597	0,25	3,6					664,7377			664,7377			664,73766
	Lantai	partisi	23,62	31,3	738,597	0,25	3,6					664,7377			664,7377			664,73766
	TOTAL BEBAN SETAP JAM (BTU/H)																	
											3454,5197			4508,5606			4811,4548	
Lobby B	Utara/NW-SW	Partisi dinding	18,3	9,8	170,34	0,34	3,6					219,5122			219,5122			219,512
		Partisi kaca	3,2	9,8	31,36	1,04	3,6					117,4118			117,4118			117,4118
	Selata/SE-NE	Partisi dinding	15,8	9,8	154,84	0,34	3,6					189,5422			189,5422			189,542
		Partisi kaca	3,2	9,8	31,36	1,04	3,6					117,4118			117,4118			117,4118
	Timur/NE-SE	CLTD kaca	31,3	9,8	912,38	0,83	3,6	85,3	2	-0,5	-376,0777	12	9,5	738,1136	14	11,5	870,6877	
		Partisi kaca	69,5	9,8	681,1	1,04	3,6					2500,038			2500,038			2500,038
	Barat/SW-NW	Partisi dinding	89,1	18,3	1703,29	0,25	3,6					1533,357			1533,357			1533,357
	Langit-langit	partisi	89,1	18,3	1703,29	0,25	3,6					1533,357			1533,357			1533,357
	Lantai	partisi	89,1	18,3	1703,29	0,25	3,6					1533,357			1533,357			1533,357
	TOTAL BEBAN SETAP JAM (BTU/H)																	
										5881,9727			13454,7256			14960,2787		

B. Perhitungan Beban transmisi pintu

Pusat Studi	Ruang	Panjang (ft)	Lebar (ft)	Luas (ft ²)	U(Btu/(hr ft ² .oF)	AT(oF)	Q(btu/h)
Publikasi Ilmiah	Mushola	7,05	4,92	34,686	0,24	3,6	29,9687
	Rapat	7,05	2,32	16,356	0,24	3,6	14,13158
	Kepala	7,05	2,32	16,356	0,24	3,6	14,13158
	Wakil Kepala	7,05	2,32	16,356	0,24	3,6	14,13158
	Utama	7,05	5,9	41,595	1,04	3,6	155,7317
	ME	7,05	4,92	34,686	0,24	3,6	29,9687
HKI	Rapat	7,05	2,32	16,356	0,24	3,6	14,13158
	Kepala	7,05	2,32	16,356	0,24	3,6	14,13158
	Wakil Kepala	7,05	2,32	16,356	0,24	3,6	14,13158
	Utama	7,05	5,9	41,595	1,04	3,6	155,7317
	LIFT 1	6,8	3,6	24,48	0,61	3,6	53,75808
	LIFT 2	6,8	3,6	24,48	0,61	3,6	53,75808
PDPM	Mushola	7,05	4,92	34,686	0,24	3,6	29,9687
	Rapat	7,05	2,32	16,356	0,24	3,6	14,13158
	Kepala	7,05	2,32	16,356	0,24	3,6	14,13158
	Wakil Kepala	7,05	2,32	16,356	0,24	3,6	14,13158
	Utama	7,05	5,9	41,595	1,04	3,6	155,7317
	ME	7,05	4,92	34,686	0,24	3,6	29,9687
KELAUTA N	Rapat	7,05	2,32	16,356	0,24	3,6	14,13158
	Kepala	7,05	2,32	16,356	0,24	3,6	14,13158
	Wakil Kepala	7,05	2,32	16,356	0,24	3,6	14,13158
	Utama	7,05	5,9	41,595	1,04	3,6	155,7317
	LIFT 1	6,8	3,6	24,48	0,61	3,6	53,75808
	LIFT 2	6,8	3,6	24,48	0,61	3,6	53,75808
PPIDS	Mahagana	7,05	5,9	41,595	1,04	3,6	155,7317
	Kerja Mahagana	7,05	2,32	16,356	0,24	3,6	14,13158
	Kerja Utama	7,05	2,32	16,356	0,24	3,6	14,13158
	Utama	7,05	5,9	41,595	1,04	3,6	155,7317
Nano Teknolog i	Lab Nanoteknologi	7,05	5,9	41,595	1,04	3,6	155,7317
	Kerja Lab	7,05	2,32	16,356	0,24	3,6	14,13158
	Kerja Utama	7,05	2,32	16,356	0,24	3,6	14,13158
	Utama	7,05	5,9	41,595	1,04	3,6	155,7317

C. Perhitungan beban radiasi kaca

Pusat Studi	Ruang	Arah	Luas (ft ²)	SC	SHGF	09.00		13.00		15.00	
						CLF	Q(Btu/hr)	CLF	Q(Btu/hr)	CLF	Q(Btu/hr)
Publikasi Ilmiah	Rapat	Timur	93,81	0,3	233	0,81	5311,428	0,33	2163,915	0,25	1639,33
	Kepala	Timur	62,54	0,3	233	0,81	3540,952	0,33	1442,61	0,25	1092,887
	wakil kepala	Timur	62,54	0,3	233	0,81	3540,952	0,33	1442,61	0,25	1092,887
	Lobby 6 A	Barat	912,38	0,5	71	0,13	4210,634	0,18	5830,108	0,3	9716,847
	Jembatan	Utara	346,92	0,5	233	0,13	5254,103	0,33	13337,34	0,53	21420,58
		Selatan	346,92	0,5	71	0,45	5542,047	0,31	3817,855	0,28	3448,385
HKI	Rapat	Timur	93,81	0,3	233	0,81	5311,428	0,33	2163,915	0,25	1639,33
	Kepala	Timur	62,54	0,3	233	0,81	3540,952	0,33	1442,61	0,25	1092,887
	wakil kepala	Timur	62,54	0,3	233	0,81	3540,952	0,33	1442,61	0,25	1092,887
PDPM	Rapat	Timur	93,81	0,3	233	0,81	5311,428	0,33	2163,915	0,25	1639,33
	Kepala	Timur	62,54	0,3	233	0,81	3540,952	0,33	1442,61	0,25	1092,887
	wakil kepala	Timur	62,54	0,5	233	0,81	5901,587	0,33	2404,35	0,25	1821,478
	Lobby 7A	Barat	912,38	0,5	71	0,13	4210,634	0,18	5830,108	0,3	9716,847
	Jembatan	Utara	346,92	0,5	233	0,13	5254,103	0,33	13337,34	0,53	21420,58
		Selatan	346,92	0,5	71	0,45	5542,047	0,31	3817,855	0,28	3448,385
KELAUTAN	Rapat	Timur	93,81	0,3	233	0,81	5311,428	0,33	2163,915	0,25	1639,33
	Kepala	Timur	62,54	0,3	233	0,81	3540,952	0,33	1442,61	0,25	1092,887
	wakil kepala	Timur	62,54	0,3	233	0,81	3540,952	0,33	1442,61	0,25	1092,887
PPIDS	Kerja Mahagana	Barat	62,54	0,3	71	0,13	173,1733	0,18	239,7784	0,3	399,6306
	Utama	Barat	125,08	0,3	71	0,13	346,3465	0,18	479,5567	0,3	799,2612
NANO	Kerja Lab	Barat	62,54	0,3	71	0,13	173,1733	0,18	239,7784	0,3	399,6306
TEKNOLOG	Utama	Barat	125,08	0,3	71	0,13	346,3465	0,18	479,5567	0,3	799,2612
	Lobby 7B	Timur	912,38	0,5	233	0,81	86096,74	0,33	35076,45	0,25	26573,07

D. Perhitungan beban infiltrasi

Pusat Studi	Ruang	Banyak orang	CFM/O rang	CFM	ΔT	faktor sensibel	faktor laten	ΔW	Q		
									sensibel (btu/h)	Q laten (btu/hr)	Q total (Btu/hr)
Publikasi Ilmiah	Mushola	20	3,5	70	12,66	1,08	4840	0,0134	957,096	4539,92	5497,016
	Rapat	8	3,5	28	12,66	1,08	4840	0,0134	382,8384	1815,968	2198,806
	Kepala	2	3,5	7	12,66	1,08	4840	0,0134	95,7096	453,992	549,7016
	Wakil Kepala	2	3,5	7	12,66	1,08	4840	0,0134	95,7096	453,992	549,7016
	Utama	10	3,5	35	12,66	1,08	4840	0,0134	1052,806	4993,912	6046,718
	ME	2	3,5	7	12,66	1,08	4840	0,0134	95,7096	453,992	549,7016
HKI	Rapat	8	3,5	28	12,66	1,08	4840	0,0134	382,8384	1815,968	2198,806
	Kepala	2	3,5	7	12,66	1,08	4840	0,0134	95,7096	453,992	549,7016
	Wakil Kepala	2	3,5	7	12,66	1,08	4840	0,0134	95,7096	453,992	549,7016
	Utama	10	3,5	35	12,66	1,08	4840	0,0134	1052,806	4993,912	6046,718
	Lobby 6 A	20	3,5	70	12,66	1,08	4840	0,0134	957,096	4539,92	5497,016
PDPM	Mushola	20	3,5	70	12,66	1,08	4840	0,0134	957,096	4539,92	5497,016
	Rapat	8	3,5	28	12,66	1,08	4840	0,0134	382,8384	1815,968	2198,806
	Kepala	2	3,5	7	12,66	1,08	4840	0,0134	95,7096	453,992	549,7016
	Wakil Kepala	2	3,5	7	12,66	1,08	4840	0,0134	95,7096	453,992	549,7016
	Utama	10	3,5	35	12,66	1,08	4840	0,0134	1052,806	4993,912	6046,718
	ME	2	3,5	7	12,66	1,08	4840	0,0134	95,7096	453,992	549,7016
KELAUTA N	Rapat	8	3,5	28	12,66	1,08	4840	0,0134	382,8384	1815,968	2198,806
	Kepala	2	3,5	7	12,66	1,08	4840	0,0134	95,7096	453,992	549,7016
	Wakil Kepala	2	3,5	7	12,66	1,08	4840	0,0134	95,7096	453,992	549,7016
	Utama	10	3,5	35	12,66	1,08	4840	0,0134	1052,806	4993,912	6046,718
	Lobby 7A	20	3,5	70	12,66	1,08	4840	0,0134	957,096	4539,92	5497,016
PPIDS	Mahagana	30	3,5	105	12,66	1,08	4840	0,0134	1914,192	9079,84	10994,03
	Kerja Mahagana	10	3,5	35	12,66	1,08	4840	0,0134	478,548	2269,96	2748,508
	Kerja Utama	5	3,5	17,5	12,66	1,08	4840	0,0134	239,274	1134,98	1374,254
	Utama	10	3,5	35	12,66	1,08	4840	0,0134	717,822	3404,94	4122,762
Nano Teknolog i	Lab Nanoteknologi	30	3,5	105	12,66	1,08	4840	0,0134	1914,192	9079,84	10994,03
	Kerja Lab	10	3,5	35	12,66	1,08	4840	0,0134	478,548	2269,96	2748,508
	Kerja Utama	5	3,5	17,5	12,66	1,08	4840	0,0134	239,274	1134,98	1374,254
	Utama	10	3,5	35	12,66	1,08	4840	0,0134	717,822	3404,94	4122,762
	Lobby 7B	20	3,5	70	12,66	1,08	4840	0,0134	957,096	4539,92	5497,016

E. Perhitungan beban penerangan

Pusat Studi	Ruang	Jumlah lampu	Daya (watt)	ql	Fu	Faktor lampu	Fs	09.00		13.00		15.00	
								CLF	Q(Btu/hr)	CLF	Q(Btu/hr)	CLF	Q(Btu/hr)
Publikasi Ilmiah	Mushola	4	18	72	1	3,41	1	0,23	56,4696	0,18	44,1936	0,16	39,2832
	Rapat	4	14	56	1	3,41	1	0,23	43,9208	0,18	34,3728	0,16	30,5536
	Kepala	2	14	28	1	3,41	1	0,23	21,9604	0,18	17,1864	0,16	15,2768
	Wakil Kepala	2	14	28	1	3,41	1	0,23	21,9604	0,18	17,1864	0,16	15,2768
	Utama	10	14	140	1	3,41	1	0,23	109,802	0,18	85,932	0,16	76,384
	ME	4	18	72	1	3,41	1	0,23	56,4696	0,18	44,1936	0,16	39,2832
HKI	Rapat	4	14	56	1	3,41	1	0,23	43,9208	0,18	34,3728	0,16	30,5536
	Kepala	2	14	28	1	3,41	1	0,23	21,9604	0,18	17,1864	0,16	15,2768
	Wakil Kepala	2	14	28	1	3,41	1	0,23	21,9604	0,18	17,1864	0,16	15,2768
	Utama	10	14	140	1	3,41	1	0,23	109,802	0,18	85,932	0,16	76,384
	ME	4	18	72	1	3,41	1	0,23	56,4696	0,18	44,1936	0,16	39,2832
PDPM	Rapat	4	14	56	1	3,41	1	0,23	43,9208	0,18	34,3728	0,16	30,5536
	Kepala	2	14	28	1	3,41	1	0,23	21,9604	0,18	17,1864	0,16	15,2768
	Wakil Kepala	2	14	28	1	3,41	1	0,23	21,9604	0,18	17,1864	0,16	15,2768
	Utama	10	14	140	1	3,41	1	0,23	109,802	0,18	85,932	0,16	76,384
	ME	4	18	72	1	3,41	1	0,23	56,4696	0,18	44,1936	0,16	39,2832
	Utama	10	14	140	1	3,41	1	0,23	109,802	0,18	85,932	0,16	76,384
KELAUTAN	Rapat	4	14	56	1	3,41	1	0,23	43,9208	0,18	34,3728	0,16	30,5536
	Kepala	2	14	28	1	3,41	1	0,23	21,9604	0,18	17,1864	0,16	15,2768
	Wakil Kepala	2	14	28	1	3,41	1	0,23	21,9604	0,18	17,1864	0,16	15,2768
	Utama	10	14	140	1	3,41	1	0,23	109,802	0,18	85,932	0,16	76,384
	ME	4	18	72	1	3,41	1	0,23	56,4696	0,18	44,1936	0,16	39,2832
PPIDS	Mahagana	4	18	72	1	3,41	1	0,23	56,4696	0,18	44,1936	0,16	39,2832
	Kerja Mahagana	6	30	180	1	3,41	1	0,23	141,174	0,18	110,484	0,16	98,208
	Kerja Utama	1	30	30	1	3,41	1	0,23	23,529	0,18	18,414	0,16	16,368
	Utama	2	30	60	1	3,41	1	0,23	47,058	0,18	36,828	0,16	32,736
	Utama	4	18	72	1	3,41	1	0,23	56,4696	0,18	44,1936	0,16	39,2832
	Utama	6	30	180	1	3,41	1	0,23	141,174	0,18	110,484	0,16	98,208
Nano Teknologi	Lab Nanoteknologi	4	18	72	1	3,41	1	0,23	56,4696	0,18	44,1936	0,16	39,2832
	Lab Nanoteknologi	6	30	180	1	3,41	1	0,23	141,174	0,18	110,484	0,16	98,208
	Kerja Lab	1	30	30	1	3,41	1	0,23	23,529	0,18	18,414	0,16	16,368
	Kerja Utama	2	30	60	1	3,41	1	0,23	47,058	0,18	36,828	0,16	32,736
	Utama	4	18	72	1	3,41	1	0,23	56,4696	0,18	44,1936	0,16	39,2832
	Utama	6	30	180	1	3,41	1	0,23	141,174	0,18	110,484	0,16	98,208
	Lobby 6A	26	22	572	1	3,41	1	0,23	448,6196	0,18	351,0936	0,16	312,0832
	Lobby 7A	23	22	506	1	3,41	1	0,23	396,8558	0,18	310,5828	0,16	276,0736
	Lobb 7B	13	22	286	1	3,41	1	0,23	224,3098	0,18	175,5468	0,16	156,0416

F. Perhitungan beban penghuni

Pusat Studi	Ruang	orang	09.00						13.00						15.00						09.00 qs btu/hr	13.00 qs btu/hr	15.00 qs btu/hr
			ql/orang	qs/ora ng	CLF	ql (Btu/ hr)	qs (watt ts)	q tot	CLF	ql (Btu/ hr)	qs (watt s)	q tot	CLF	ql (Btu/ hr)	qs (watt s)	q tot							
Publikasi Ilmiah	Mushola	20	400	115	0,4	8000	874	10972	0,18	8000	414	9408	0,13	8000	299	9016,6		2971,6	1407,6	1016,6			
	Rapat	8	640	185	0,4	5120	562	7032	0,18	5120	266,4	6026	0,13	5120	192,4	5774,2		1912,16	905,76	654,16			
	Kepala	2	640	185	0,4	1280	141	1758	0,18	1280	66,6	1506	0,13	1280	48,1	1443,5		478,04	226,44	163,54			
	Wakil Kepala	2	640	185	0,4	1280	141	1758	0,18	1280	66,6	1506	0,13	1280	48,1	1443,5		478,04	226,44	163,54			
	Utama	25	640	185	0,4	16000	1758	21976	0,18	16000	832,5	18831	0,13	16000	601,3	18044		5975,5	2830,5	2044,25			
	ME	2	400	140	0,4	800	106	1162	0,18	800	50,4	971,4	0,13	800	36,4	923,76		361,76	171,36	123,76			
HKI	Rapat	8	640	185	0,4	5120	562	7032	0,18	5120	266,4	6026	0,13	5120	192,4	5774,2		1912,16	905,76	654,16			
	Kepala	2	640	185	0,4	1280	141	1758	0,18	1280	66,6	1506	0,13	1280	48,1	1443,5		478,04	226,44	163,54			
	Wakil Kepala	2	640	185	0,4	1280	141	1758	0,18	1280	66,6	1506	0,13	1280	48,1	1443,5		478,04	226,44	163,54			
	Utama	25	640	185	0,4	16000	1758	21976	0,18	16000	832,5	18831	0,13	16000	601,3	18044		5975,5	2830,5	2044,25			
	Lobby It 6 A	20	800	235	0,4	16000	1786	22072	0,18	16000	846	18876	0,13	16000	611	18077		6072,4	2876,4	2077,4			
	Mushola	20	400	115	0,4	8000	874	10972	0,18	8000	414	9408	0,13	8000	299	9016,6		2971,6	1407,6	1016,6			
PDPM	Rapat	8	640	185	0,4	5120	562	7032	0,18	5120	266,4	6026	0,13	5120	192,4	5774,2		1912,16	905,76	654,16			
	Kepala	2	640	185	0,4	1280	141	1758	0,18	1280	66,6	1506	0,13	1280	48,1	1443,5		478,04	226,44	163,54			
	Wakil Kepala	2	640	185	0,4	1280	141	1758	0,18	1280	66,6	1506	0,13	1280	48,1	1443,5		478,04	226,44	163,54			
	Utama	25	640	185	0,4	16000	1758	21976	0,18	16000	832,5	18831	0,13	16000	601,3	18044		5975,5	2830,5	2044,25			
	ME	2	400	140	0,4	800	106	1162	0,18	800	50,4	971,4	0,13	800	36,4	923,76		361,76	171,36	123,76			
	Rapat	8	640	185	0,4	5120	562	7032	0,18	5120	266,4	6026	0,13	5120	192,4	5774,2		1912,16	905,76	654,16			
KELAUTA N	Kepala	2	640	185	0,4	1280	141	1758	0,18	1280	66,6	1506	0,13	1280	48,1	1443,5		478,04	226,44	163,54			
	Wakil Kepala	2	640	185	0,4	1280	141	1758	0,18	1280	66,6	1506	0,13	1280	48,1	1443,5		478,04	226,44	163,54			
	Utama	25	640	185	0,4	16000	1758	21976	0,18	16000	832,5	18831	0,13	16000	601,3	18044		5975,5	2830,5	2044,25			
	Lobby It 7 A	20	800	235	0,4	16000	1786	22072	0,18	16000	846	18876	0,13	16000	611	18077		6072,4	2876,4	2077,4			
	Mahagana	30	640	185	0,4	19200	2109	26371	0,18	19200	999	22597	0,13	19200	721,5	21653		7170,6	3396,6	2453,1			
	Kerja Mahagana	5	640	185	0,4	3200	352	4395	0,18	3200	166,5	3766	0,13	3200	120,3	3608,9		1195,1	566,1	408,85			
PPIDS	Kerja Utama	5	640	185	0,4	3200	352	4395	0,18	3200	166,5	3766	0,13	3200	120,3	3608,9		1195,1	566,1	408,85			
	Utama	30	640	185	0,4	19200	2109	26371	0,18	19200	999	22597	0,13	19200	721,5	21653		7170,6	3396,6	2453,1			
Teknologi	Lab Nanoteknoi	30	640	185	0,4	19200	2109	26371	0,18	19200	999	22597	0,13	19200	721,5	21653		7170,6	3396,6	2453,1			
	Kerja Lab	5	640	185	0,4	3200	352	4395	0,18	3200	166,5	3766	0,13	3200	120,3	3608,9		1195,1	566,1	408,85			
	Kerja Utama	5	640	185	0,4	3200	352	4395	0,18	3200	166,5	3766	0,13	3200	120,3	3608,9		1195,1	566,1	408,85			
	Utama	30	640	185	0,4	19200	2109	26371	0,18	19200	999	22597	0,13	19200	721,5	21653		7170,6	3396,6	2453,1			
	Lobby It 7 B	20	800	235	0,4	16000	1786	22072	0,18	16000	846	18876	0,13	16000	611	18077		6072,4	2876,4	2077,4			

G. Perhitungan beban peralatan listrik

Pusat Studi	Ruang	Komputer		Laptop		Kulkas		heater		Printer		Dispenser		Proyektor		ipas angin		Peralatan elektrikal (pcb,wifi, panel,pab		Fotokopi		
		q	q	q	q	q	q	q	q	q	q	q	q	q	q	q	q	q	q	q		
		(Btu / hr)	(Btu / hr)	(Btu / hr)	(Btu / hr)	(Btu / hr)	(Btu / hr)	(Btu / hr)	(Btu / hr)	(Btu / hr)	(Btu / hr)	(Btu / hr)	(Btu / hr)	(Btu / hr)	(Btu / hr)	(Btu / hr)	(Btu / hr)	(Btu / hr)	(Btu / hr)	(Btu / hr)		
HKI	Rapat	1	1000	8	300		1840	340	1	2500		6000	1	5600		360		6000		3000		11500
	Kepala	2	1000		300		1840	340	1	2500		6000		5600		360		6000		3000		4500
	Wakil Kepala	2	1000		300		1840	340	1	2500		6000		5600		360		6000		3000		4500
	Utama	2	1000	10	300	1	1840	1	340	1	2500	1	6000		5600	1	360		6000		3000	16040
	ME		1000		300		1840	340		2500		6000		5600		360	5	6000		3000		30000
PUBLIKASI ILMIAH	Rapat	1	1000	8	300		1840	340	1	2500		6000	1	5600		360		6000		3000		11500
	Kepala	2	1000		300		1840	340	1	2500		6000		5600		360		6000		3000		4500
	Wakil Kepala	2	1000		300		1840	340	1	2500		6000		5600		360		6000		3000		4500
	Utama	2	1000	10	300	1	1840	340	2	2500	1	6000		5600		360	2	6000		3000		29840
	Lobby It 6		1000		300		1840	340		2500		6000		5600		360		6000		3000		0
PDPM	Rapat	1	1000	8	300		1840	340	1	2500		6000	1	5600		360		6000		3000		11500
	Kepala		1000	2	300		1840	340	1	2500		6000		5600		360		6000		3000		3100
	Wakil Kepala		1000	2	300		1840	340	1	2500		6000		5600		360		6000		3000		3100
	Utama	6	1000	10	300	1	1840	1	340	1	2500	1	6000	1	5600	1	360		6000	1	3000	28640
	ME		1000		300		1840	340		2500		6000		5600		360	5	6000		3000		30000
KELAUTA N	Rapat	1	1000	8	300		1840	340	1	2500		6000	1	5600		360		6000		3000		11500
	Kepala		1000	2	300		1840	340	1	2500		6000		5600		360		6000		3000		3100
	Wakil Kepala		1000	2	300		1840	340	1	2500		6000		5600		360		6000		3000		3100
	Utama	2	1000	10	300	1	1840	340	2	2500	1	6000		5600		360	2	6000		3000		29840
	Lobby It 7		1000		300		1840	340		2500		6000		5600		360		6000		3000		0
PPIDS	Mahagana		1000	10	300		1840	340		2500	1	6000	1	5600		360		6000		3000		14600
	Kerja Mahagana	1	1000		300		1840	340	1	2500		6000	1	5600	1	360		6000		3000		9460
	Kerja Utama		1000	2	300		1840	340	1	2500		6000	1	5600		360		6000		3000		8700
	Utama		1000		300		1840	340		2500	1	6000	1	5600	3	360	1	6000	1	3000		21680
Nano Teknologi	Lab Nanoteknologi		1000	10	300		1840	340		2500	1	6000	1	5600		360	2	6000		3000		26600
	Kerja Lab	1	1000		300		1840	340	1	2500		6000	1	5600	1	360		6000		3000		9460
	Kerja Utama		1000	2	300		1840	340	1	2500		6000	1	5600		360		6000		3000		8700
	Utama	4	1000		300		1840	1	340	3	2500	1	6000	2	5600		360	1	6000	1	3000	38040

H. Perhitungan Intensitas Penerangan

Pusat Studi	Ruang	Jenis Lampu	Luas (m2)	Daya (watt)	Jumlah Lampu	Jumlah armatur	Jumlah lampu / armatur	F total (Lumen)	Kp	Kd	E standar	E rata-rata (Lux)	F standar (Lumen)	Nstandar (armatur)	Wtotal (watt)	Wtotal pencahayaan (w/m2)	E standar	E aktual
PUBLIKASI	Mushola	BALK	105,01	72	4	2	2	2500 180000 0,5 0,9	200	192,838777	46671,11111	9,334222222	336,03	3,2	200	131		
	Rapat	TBS 569 C 2X	109,23	56	4	2	2	2500 140000 0,5 0,9	350	144,191156	84956,66667	16,991333333	475,76	4,355556	350	207,33		
	Kepala	TBS 569 C 2X	42,32	28	2	1	2	2500 70000 0,5 0,9	350	372,164461	32915,55556	6,583111111	184,33	4,355556	350	105		
	Wakil Kepala	TBS 569 C 2X	42,32	28	2	1	2	2500 70000 0,5 0,9	350	372,164461	32915,55556	6,583111111	184,33	4,355556	350	110		
	Utama	TBS 569 C 2X	226,89	140	10	5	2	2500 350000 0,5 0,9	350	69,4168981	176470	35,294	988,23	4,355556	350	39,33		
	ME	BALK TMS012 1XTL-D	30,49	72	4	2	2	2500 180000 0,5 0,9	750	664,152181	50816,66667	10,163333333	365,88	12	750	690		
	Lobby 6A	DN2828 1XLL	777,12	418	19	19	1	2500 1045000 0,5 0,9	100	31,8483632	172693,3333	69,077333333	1519,7	1,955556	100	285		
	Rapat	TBS 569 C 2X	109,23	56	4	2	2	2500 140000 0,5 0,9	350	144,191156	84956,66667	16,991333333	475,76	4,355556	350	662		
	Kepala	TBS 569 C 2X	43,32	28	2	1	2	2500 70000 0,5 0,9	350	363,573407	33693,3333	6,738666667	188,68	4,355556	350	669,25		
	Wakil Kepala	TBS 569 C 2X	42,32	28	2	1	2	2500 70000 0,5 0,9	350	372,164461	32915,55556	6,583111111	184,33	4,355556	350	255		
H K I	Utama	TBS 569 C 2X	226,89	140	10	5	2	2500 350000 0,5 0,9	350	69,4168981	176470	35,294	988,23	4,355556	350	40,72		
	Mushola	BALK TMS012 1XTL-D	105,01	72	4	2	2	2500 180000 0,5 0,9	200	192,838777	46671,11111	9,334222222	336,03	3,2	200	132		
	Rapat	TBS 569 C 2X	109,23	56	4	2	2	2500 140000 0,5 0,9	350	144,191156	84956,66667	16,991333333	475,76	4,355556	350	87		
	Kepala	TBS 569 C 2X	42,32	28	2	1	2	2500 70000 0,5 0,9	350	372,164461	32915,55556	6,583111111	184,33	4,355556	350	87,6		
	Wakil Kepala	TBS 569 C 2X	42,32	28	2	1	2	2500 70000 0,5 0,9	350	372,164461	32915,55556	6,583111111	184,33	4,355556	350	81,6		
	Utama	TBS 569 C 2X	226,89	140	10	5	2	2500 350000 0,5 0,9	350	69,4168981	176470	35,294	988,23	4,355556	350	261,6		
	ME	BALK TMS012 1XTL-D	30,49	72	4	2	2	2500 180000 0,5 0,9	750	664,152181	50816,66667	10,163333333	365,88	12	750	665		
	Lobby 7A	DN2838 1XLL	777,12	418	19	19	1	2500 1045000 0,5 0,9	100	31,8483632	172693,3333	69,077333333	1519,7	1,955556	100	297,5		
	Rapat	TBS 569 C 2X	109,23	56	4	2	2	2500 140000 0,5 0,9	350	144,191156	84956,66667	16,991333333	475,76	4,355556	350	342		
	Kepala	TBS 569 C 2X	42,32	28	2	1	2	2500 70000 0,5 0,9	350	372,164461	32915,55556	6,583111111	184,33	4,355556	350	245		
E LAUTAN	Wakil Kepala	TBS 569 C 2X	42,32	28	2	1	2	2500 70000 0,5 0,9	350	372,164461	32915,55556	6,583111111	184,33	4,355556	350	192		
	Utama	TBS 569 C 2X	226,89	140	10	5	2	2500 350000 0,5 0,9	350	69,4168981	176470	35,294	988,23	4,355556	350	54		
	Mahagana	TBS 569 C 2X	57,75	56	4	2	2	2500 140000 0,5 0,9	350	160,401	446880	89,378	2502,5	6,222222				
	RCV160V LEI	402,192	246	6	6	1	3400 836400 0,5 0,9	500	155,970283	446880	131,4352941	5388,8	13,9869	500	217			
	Kerja Mahagana	RCV160V LEI	57,75	41	1	1	1	3400 139400 0,5 0,9	350	1086,23377	44916,66667	13,21078431	541,64	9,379085	300	250		
	Kerja Utama	RCV160V LEI	42,32	82	2	2	1	3400 278800 0,5 0,9	350	1482,27788	32915,55556	9,681045752	396,92	9,379085	300	420		
	Utama	TBS 569 C 2X	224,53	56	4	2	2	2500 140000 0,5 0,9	350	170,1465283	174634,4444	34,92688889	977,95	4,355556				
	RCV160V LEI	224,53	246	6	6	1	3400 836400 0,5 0,9	500	279,383601	174634,4444	51,3630719	2105,9	9,379085	300	167,4			
	Lab nanoteknologi	RCV160V LEI	402,192	246	6	6	1	3400 836400 0,5 0,9	500	155,970283	446880	131,4352941	5388,8	13,9869	500	365		
	Kerja Lab	RCV160V LEI	57,75	41	1	1	1	3400 139400 0,5 0,9	350	1086,23377	44916,66667	13,21078431	541,64	9,379085	300	276		
NANOTEKNOLOGI	Kerja Utama	RCV160V LEI	42,32	82	2	2	1	3400 278800 0,5 0,9	350	1482,27788	32915,55556	9,681045752	396,92	9,379085	300	420		
	Utama	TBS 569 C 2X	224,53	56	4	2	2	2500 140000 0,5 0,9	350	170,1465283	174634,4444	34,92688889	977,95	4,355556	300			
	RCV160V LEI	224,53	246	6	6	1	3400 836400 0,5 0,9	350	279,383601	174634,4444	51,3630719	2105,9	9,379085	300	133,66			
	Lobby 7B	DN2838 1XLL	517,92	198	9	9	1	2500 495000 0,5 0,9	100	47,7873031	115093,3333	46,037333333	1012,8	1,955556	100	298		

I. Perhiutnang beban pendinginan pukul 09.00

Pusat Studi	Ruang	Dinding tembok dan kaca & Partisi kaca ,tembok dan gypsum(Btu/hr)	Pintu (Btu/hr)	Radiasi Kaca (Btu/hr)	Infiltrasi & Ventilasi (Btu/hr)	Penerangan (Btu/hr)	Penghuni (Btu/hr)	Peralatan (Btu/hr)	Faktor keamanan (Btu/hr)	Total (Btu/hr)	Total (kw)
PUBLIKASI	Mushola	1507,45	43,7	0	570,64	67,76352	10971,6	0	0,1	14477,27	4,2389
	Rapat	1242,98	20,6	5311,42839	460,2	52,70496	7032,16	8908	0,1	25330,88	7,4169
	Kepala	916,3	20,6	3540,95226	478,6	26,35248	1758,04	2120,8	0,1	9747,809	2,8542
	Wakil Kepala	916,3	20,6	3540,95226	478,6	26,35248	1758,04	2120,8	0,1	9747,809	2,8542
	Utama	3853,34	155,73	0	2080,104	131,7624	21975,5	15698,24	0,1	48284,14	14,138
	ME	446,47	43,7	0	589,05	67,76352	1161,76	6297,6	0,1	9466,978	2,7719
	Lobby 6A	9756,537	61,68	7924,45542	938,8	583,2055	22072,4	0	0,1	45470,79	13,314
	Rapat	1242,98	20,6	5311,42839	460,2	52,70496	7032,16	8908	0,1	25330,88	7,4169
	Kepala	916,3	20,6	3540,95226	478,6	26,35248	1758,04	2120,8	0,1	9747,809	2,8542
	Wakil Kepala	916,3	20,6	3540,95226	478,6	26,35248	1758,04	2120,8	0,1	9747,809	2,8542
H K I	Utama	3853,34	155,73	0	2080,104	131,7624	21975,5	13171,66	0,1	45504,9	13,324
	Mushola	1507,45	43,7	0	570,64	67,76352	10971,6	0	0,1	14477,27	4,2389
	Rapat	1242,98	20,6	5311,42839	460,2	52,70496	7032,16	8908	0,1	25330,88	7,4169
P D P M	Kepala	916,3	20,6	3540,95226	478,6	26,35248	1758,04	1996	0,1	9610,529	2,814
	Wakil Kepala	916,3	20,6	3540,95226	478,6	26,35248	1758,04	1996	0,1	9610,529	2,814
	Utama	3853,34	155,73	0	2098,512	131,7624	21975,5	17710,86	0,1	50518,27	14,792
	ME	446,47	43,7	0	589,05	67,76352	1161,76	6297,6	0,1	9466,978	2,7719
	Lobby 7A	9756,537	61,68	7924,45542	938,8	515,9125	22072,4	0	0,1	45396,76	13,292
	Rapat	1242,98	20,6	5311,42839	460,2	52,70496	7032,16	8908	0,1	25330,88	7,4169
	Kepala	916,3	20,6	3540,95226	478,6	26,35248	1758,04	1996	0,1	9610,529	2,814
K E L A U T A N	Wakil Kepala	916,3	20,6	3540,95226	478,6	26,35248	1758,04	1996	0,1	9610,529	2,814
	Utama	3853,34	155,73	0	2080,104	131,7624	21975,5	15698,24	0,1	48284,14	14,138
	Mahagana	4023,54	155,73	0	1196,52	237,1723	26370,6	10444,8	0,1	46671,2	13,665
	Kerja Mahagana	945,95	20,6	173,17326	478,6	28,2348	4395,1	1437,856	0,1	8227,465	2,409
P P I D S	Kerja Utama	1082,74	20,6	0	497,01	56,4696	4395,1	2293,6	0,1	9180,072	2,6879
	Utama	3454,51	155,732	346,34652	1233,336	237,1723	26370,6	2645,888	0,1	37887,94	11,094
	Lab nanoteknologi	4023,54	155,73	0	1178,112	237,1723	26370,6	12963,84	0,1	49421,89	14,471
NANOTEKNOLOGI	Kerja Lab	945,95	20,6	173,17326	478,6	28,2348	4395,1	1437,856	0,1	8227,465	2,409
	Kerja Utama	1082,74	20,6	0	497,01	56,4696	4395,1	2293,6	0,1	9180,072	2,6879
	Utama	3454,51	155,732	346,34652	1178,112	237,1723	26370,6	7354,12	0,1	43006,25	12,592
	Lobby 7B	6964,689	61,68	91494,8139	0	291,6027	22072,4	0	0,1	132973,7	38,935

J. Perhitungan Beban pendinginan pukul 13.00

Pusat Studi	Ruang	Dinding tembok dan kaca & Partisi kaca ,tembok dan gypsum(Btu/hr)	Pintu (Btu/hr)	Radiasi Kaca (Btu/hr)	Infiltrasi & Ventilasi (Btu/hr)	Penerangan (Btu/hr)	Penghuni (Btu/hr)	Peralatan (Btu/hr)	Faktor keamana n (Btu/hr)	Total (Btu/hr)	Total (kw)
PUBLIKASI	Mushola	1972,47	43,7	0	570,64	53,03232	9407,6	0	0,1	13252,19	3,8802
	Rapat	2145,73	20,6	3213,08631	460,2	41,24736	6025,76	8908	0,1	22896,09	6,704
	Kepala	1518,14	20,6	2142,05754	478,6	20,62368	1506,44	2120,8	0,1	8587,987	2,5146
	Wakil										
	Kepala	1518,14	20,6	2142,05754	478,6	20,62368	1506,44	2120,8	0,1	8587,987	2,5146
	Utama	3853,34	155,73	0	2080,104	103,1184	18830,5	15698,24	0,1	44793,14	13,115
	ME	619,35	43,7	0	589,05	53,03232	971,36	6297,6	0,1	9431,502	2,7615
H K I	Lobby 6A	20208,73	61,68	12075,6619	938,8	41,24736	18876,4	0	0,1	57422,77	16,813
	Rapat	2145,73	20,6	3213,08631	460,2	41,24736	6025,76	8908	0,1	22896,09	6,704
	Kepala	1518,14	20,6	2142,05754	478,6	20,62368	1506,44	2120,8	0,1	8587,987	2,5146
	Wakil										
	Kepala	1518,14	20,6	2142,05754	478,6	20,62368	1506,44	2120,8	0,1	8587,987	2,5146
	Utama	3853,34	155,73	0	2080,104	103,1184	18830,5	13171,66	0,1	42013,89	12,302
	Mushola	1972,47	43,7	0	570,64	53,03232	9407,6	0	0,1	13252,19	3,8802
P D P M	Rapat	2145,73	20,6	3213,08631	460,2	41,24736	6025,76	8908	0,1	22896,09	6,704
	Kepala	1518,14	20,6	2142,05754	478,6	20,62368	1506,44	1996	0,1	8450,707	2,4744
	Wakil										
	Kepala	1518,14	20,6	2142,05754	478,6	20,62368	1506,44	1996	0,1	8450,707	2,4744
	Utama	3853,34	155,73	0	2098,512	103,1184	18830,5	17710,86	0,1	47027,26	13,77
	ME	619,35	43,7	0	589,05	53,03232	971,36	6297,6	0,1	9431,502	2,7615
	Lobby 7A	20208,73	61,68	12075,6619	938,8	41,24736	18876,4	0	0,1	57422,77	16,813
K E L A U T A N	Rapat	2145,73	20,6	3213,08631	460,2	41,24736	6025,76	8908	0,1	22896,09	6,704
	Kepala	1518,14	20,6	2142,05754	478,6	20,62368	1506,44	1996	0,1	8450,707	2,4744
	Wakil										
	Kepala	1518,14	20,6	2142,05754	478,6	20,62368	1506,44	1996	0,1	8450,707	2,4744
	Utama	3853,34	155,73	0	2080,104	103,1184	18830,5	15698,24	0,1	44793,14	13,115
P P I D S	Mahagana	4138,23	155,73	0	1196,52	185,6131	22596,6	10444,8	0,1	42589,24	12,47
	Kerja Mahagana	1514,6	20,6	226,45734	478,6	22,0968	3766,1	1437,856	0,1	8212,941	2,4047
	Kerja										
	Utama	1082,74	20,6	0	497,01	44,1936	3766,1	2293,6	0,1	8474,668	2,4814
	Utama	4508,56	155,732	452,91468	1233,336	185,6131	22596,6	2645,888	0,1	34956,51	10,235
NANOTEKNOLOGI	Lab nanoteknologi	4138,23	155,73	0	1178,112	185,6131	22596,6	12963,84	0,1	45339,94	13,276
	Kerja Lab	1514,6	20,6	226,45734	478,6	22,0968	3766,1	1437,856	0,1	8212,941	2,4047
	Kerja										
	Utama	1082,74	20,6	0	497,01	44,1936	3766,1	2293,6	0,1	8474,668	2,4814
	Utama	4508,56	155,732	452,91468	1178,112	185,6131	22596,6	7354,12	0,1	40074,82	11,734
	Lobby 7B	17416,88	61,68	47510,9292	0	228,2108	18876,4	0	0,1	92503,51	27,085

K. Perhitungan Beban pendinginan pukul 15.00

Pusat Studi	Ruang	Dinding tembok dan kaca & Partisi kaca ,tembok dan gypsum(Btu/hr)	Pintu (Btu/hr)	Radiasi Kaca (Btu/hr)	Infiltrasi & Ventilasi (Btu/hr)	Penerangan (Btu/hr)	Penghuni (Btu/hr)	Peralatan (Btu/hr)	Faktor keamanan (Btu/hr)	Total (Btu/hr)	Total (kw)
PUBLIKAHSI	Mushola	2065,07	43,7	0	570,64	47,13984	9016,6	0	0,1	12917,46482	3,78223
	Rapat	2309,61	20,6	1639,33	460,2	36,66432	5774,16	8908	0,1	21063,42048	6,16737
	Kepala	1627,39	20,6	1092,887	478,6	18,33216	1443,54	2120,8	0,1	7482,363526	2,19084
	Wakil Kepala	1627,39	20,6	1092,887	478,6	18,33216	1443,54	2120,8	0,1	7482,363526	2,19084
	Utama	3853,34	155,73	0	2080,104	91,6608	18044,25	15698,24	0,1	43915,65728	12,8585
	ME	809,52	43,7	0	589,05	47,13984	923,76	6297,6	0,1	9581,846824	2,80556
	Lobby 6A	22817,46	61,68	18264,59	938,8	421,372	18077,4	0	0,1	66639,43378	19,512
	Rapat	2309,61	20,6	1639,33	460,2	36,66432	5774,16	8908	0,1	21063,42048	6,16737
	Kepala	1627,39	20,6	1092,887	478,6	18,33216	1443,54	2120,8	0,1	7482,363526	2,19084
	Wakil Kepala	1627,39	20,6	1092,887	478,6	18,33216	1443,54	2120,8	0,1	7482,363526	2,19084
H K I	Utama	3853,34	155,73	0	2080,104	91,6608	18044,25	13171,66	0,1	41136,41488	12,0447
	Mushola	2065,07	43,7	0	570,64	47,13984	9016,6	0	0,1	12917,46482	3,78223
	Rapat	2309,61	20,6	1639,33	460,2	36,66432	5774,16	8908	0,1	21063,42048	6,16737
	Kepala	1627,39	20,6	1092,887	478,6	18,33216	1443,54	1996	0,1	7345,083526	2,15064
	Wakil Kepala	1627,39	20,6	1092,887	478,6	18,33216	1443,54	1996	0,1	7345,083526	2,15064
	Utama	3853,34	155,73	0	2098,512	91,6608	18044,25	17710,86	0,1	46149,78368	13,5127
	ME	809,52	43,7	0	589,05	47,13984	923,76	6297,6	0,1	9581,846824	2,80556
	Lobby 7A	22817,46	61,68	18264,59	938,8	421,372	18077,4	0	0,1	66639,43378	19,512
	Rapat	2309,61	20,6	1639,33	460,2	36,66432	5774,16	8908	0,1	21063,42048	6,16737
	Kepala	1627,39	20,6	1092,887	478,6	18,33216	1443,54	1996	0,1	7345,083526	2,15064
K E L A U T A N	Wakil Kepala	1627,39	20,6	1092,887	478,6	18,33216	1443,54	1996	0,1	7345,083526	2,15064
	Utama	3853,34	155,73	0	2080,104	91,6608	18044,25	15698,24	0,1	43915,65728	12,8585
	Mahagana	4643,86	155,73	0	1196,52	164,9894	21653,1	10444,8	0,1	42084,89938	12,3225
	Kerja Mahagana	1666,05	20,6	399,6306	478,6	19,6416	3608,85	1437,856	0,1	8394,35102	2,45787
	Kerja Utama	1082,74	20,6	0	497,01	39,2832	3608,85	2293,6	0,1	8296,29152	2,42915
	Utama	4811,45	155,732	799,2612	1233,336	164,9894	21653,1	2645,888	0,1	34610,1323	10,1338
	Lab nanoteknologi	4643,86	155,73	0	1178,112	164,9894	21653,1	12963,84	0,1	44835,59458	13,1279
	Kerja Lab	1666,05	20,6	399,6306	478,6	19,6416	3608,85	1437,856	0,1	8394,35102	2,45787
	Kerja Utama	1082,74	20,6	0	497,01	39,2832	3608,85	2293,6	0,1	8296,29152	2,42915
	Utama	4811,45	155,732	799,2612	1178,112	164,9894	21653,1	7354,12	0,1	39728,4411	11,6325
NANOTEKNOLOGI	Lobby 7B	20025,61	61,68	26573,07	0	202,8541	18077,4	0	0,1	71434,67734	20,9161

CLTD untuk atap datar

TABLE 6.1 COOLING LOAD TEMPERATURE DIFFERENCES (CLTD) FOR CALCULATING COOLING LOAD FROM FLAT ROOFS, F

Roof No.		Description of Construction	Weight, lb/ft ²	U-value, Btu/hr·ft ² ·°F	Solar Time																								Hour of Max. CLTD	Min. CLTD	Max. CLTD	Difference CLTD
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24				
					Without Suspended Ceiling																											
1	Steel sheet with 1-in. (or 2-in.) insulation	7 (8)	0.213 (0.124)	1	-2	-3	-3	-5	-3	6	19	34	49	61	71	78	79	77	70	59	45	30	18	12	8	5	3	14	-5	99	64	
2	1-in. wood with 1-in. insulation	8	0.179	6	3	0	-1	-3	-3	-2	4	14	27	39	52	62	70	74	70	62	51	38	26	14	9	10	-3	74	??			
3	4-in. lightweight concrete	18	0.213	9	5	2	0	-2	-3	-3	1	9	20	32	44	55	64	70	73	71	65	57	45	34	25	18	12	16	-3	73	76	
4	2-in. heavyweight concrete with 1-in. (or 2-in.) insulation	29 (31.22)	0.206 (0.122)	12	8	5	3	0	-1	-1	3	11	20	30	41	51	59	65	66	66	62	54	45	36	29	22	17	16	-1	67	68	
5	1-in. wood with 2-in. insulation	9	0.108	3	0	-3	-4	-5	-7	-6	-3	5	16	27	38	49	57	63	64	62	57	48	37	26	18	11	7	16	-7	64	71	
6	5-in. lightweight concrete	24	0.158	22	17	13	9	6	3	1	3	7	13	25	33	43	51	58	63	64	62	57	50	42	35	28	18	1	64	83		
7	2.5-in. wood with 1-in. ins.	13	0.130	39	34	30	16	13	10	7	6	6	9	13	20	27	34	42	48	53	55	56	51	49	44	39	34	19	6	56	50	
8	8-in. lightweight concrete	31	0.126	35	30	26	22	18	14	11	9	7	9	13	19	25	33	39	46	50	53	54	53	49	45	40	20	7	54	47		
9	4-in. heavyweight concrete with 1-in. (or 2-in.) insulation	52 (52)	0.200 (0.130)	23	22	18	15	12	9	8	8	10	14	20	26	33	40	45	50	52	53	52	48	43	38	34	30	16	8	53	45	
10	2.5-in. wood system	13	0.095	30	26	23	19	16	13	10	9	8	9	13	17	23	29	34	41	46	49	51	50	47	43	39	35	19	8	51	42	
11	Roof terrace system	75	0.109	34	31	28	25	22	19	15	14	13	15	18	22	26	31	35	40	44	45	44	41	45	43	40	37	20	13	46	33	
12	6-in. heavyweight concrete with 1-in. (or 2-in.) insulation	75 (75)	0.192 (0.117)	31	28	25	22	20	17	15	14	14	16	18	22	26	31	36	40	43	45	45	44	42	40	37	34	19	14	45	31	
13	4-in. wood with 1-in. (or 2-in.) insulation	17 (18)	0.106 (0.078)	38	36	33	30	28	25	22	20	18	17	16	17	18	21	24	28	32	36	39	41	43	43	42	40	22	16	43	27	

TABLE 6.1 COOLING LOAD TEMPERATURE DIFFERENCES (CLTD) FOR CALCULATING COOLING LOAD FROM FLAT ROOFS, F (Continued)

Roof No.		Description of Construction	Weight, lb/ft ²	U-value, Btu/hr·ft ² ·°F	Solar Time																								Hour of Max. CLTD	Min. CLTD	Max. CLTD	Difference CLTD		
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24						
With Suspended Ceiling																																		
1		Steel sheet with 1-in. (or 2-in.) insulation	9 (10)	0.134 (0.102)	2	0	-2	-3	-4	-4	-1	6	23	37	50	62	71	77	78	74	67	56	42	28	16	12	8	3	15	-4	78	83		
2		1-in. wood with 1-in. ins.	13	0.115	30	15	11	8	5	3	2	7	9	13	21	33	43	48	53	56	62	65	58	51	44	37	29	17	3	62	60			
3		4-in. lightweight concrete	28	0.134	19	14	10	7	4	2	0	0	4	10	19	28	34	40	45	48	52	55	64	68	74	78	81	17	0	68	85			
4		2-in. heavyweight concrete with 1-in. insulation	30	0.131	24	20	17	13	10	7	5	13	14	16	20	28	34	40	45	48	52	55	60	64	68	71	74	18	13	47	34			
5		1-in. wood with 2-in. ins.	10	0.085	15	20	16	13	10	7	5	5	7	12	18	23	29	33	41	48	53	57	58	52	46	40	34	29	18	5	37	32		
6		5-in. lightweight concrete	26	0.108	32	28	25	19	16	13	10	8	7	8	11	16	20	26	30	34	42	48	52	54	54	51	47	42	37	30	7	54	47	
7		2.5-in. wood with 1-in. insulation	15	0.098	34	31	29	26	23	21	18	16	15	15	16	18	21	23	25	28	31	34	38	41	43	44	44	42	40	37	31	15	44	28
8		8-in. lightweight concrete	33	0.093	39	36	35	3	29	26	23	20	18	15	14	16	15	17	20	23	29	34	38	42	45	46	44	42	33	14	45	33		
9		4-in. heavyweight concrete with 1-in. (or 2-in.) insulation	53 (53)	0.128 (0.080)	30	29	27	26	24	22	21	18	20	21	22	24	27	29	32	34	35	38	40	42	43	43	43	39	18	20	38	18		
10		2.5-in. wood with 2-in. ins.	15	0.077	35	33	30	26	24	22	20	18	18	18	18	18	22	25	28	31	35	38	40	41	41	40	38	37	21	16	41	25		
11		Roof terrace system	77	0.082	30	28	27	26	25	24	23	22	22	22	23	23	23	25	26	28	29	31	32	33	33	33	32	31	20	21	34	13		
12		6-in. heavyweight concrete with 1-in. (or 2-in.) insulation	77 (77)	0.125 (0.080)	29	28	27	26	25	24	23	22	24	24	25	25	26	28	30	32	33	34	34	34	34	33	32	31	20	21	34	13		
13		4-in. wood with 1-in. (or 2-in.) insulation	19 (20)	0.082 (0.064)	35	34	33	32	31	29	27	26	24	23	22	21	22	23	24	25	27	28	32	34	35	36	36	35	23	21	37	16		

Reprinted with permission from the 1989 ASHRAE Handbook—Fundamentals.

Tabel 3 CLTD untuk konduksi yang melewati kaca

TABLE 6.5 COOLING LOAD TEMPERATURE DIFFERENCES (CLTD) FOR CONDUCTION THROUGH GLASS

Solar Time, h	CLTD °F	Solar Time, h	CLTD °F
0100	1	1300	12
0200	0	1400	13
0300	-1	1500	14
0400	-2	1600	14
0500	-2	1700	13
0600	-2	1800	12
0700	-2	1900	10
0800	0	2000	8
0900	2	2100	6
1000	4	2200	4
1100	7	2300	3
1200	9	2400	2

Reprinted with permission from the 1993 ASHRAE Handbook—Fundamentals.

CLTD untuk atap datar

Table 3.8 Cooling Load Temperature Differences for Calculating Cooling Load from Flat Roofs

Roof No.	Description of Construction	Weight lb/ft ²	U-value Btu/hr ft ² °F	Solar Time, hr																								Hour of Day	Max. Min. Difference	CLTD	Heat Capacity Btu/(ft ² °F)	
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23						
Without Suspended Ceiling																																
1	Steel sheet with 1-in. (or 2-in.) insulation	8 (0.124)	0.213	-2	-3	-3	-3	-3	-3	6	19	34	49	61	71	78	79	77	70	59	45	30	18	12	8	5	3	14	-5	79	84	2.13
2	1-in. wood with 1-in. insulation	8 (0.170)	0.170	6	3	0	-1	-3	-3	-2	4	14	27	39	52	62	70	74	74	70	62	51	38	26	14	9	16	-3	74	77	3.73	
3	4-in. l.w. concrete	18	0.213	9	5	2	0	-2	-3	-3	1	9	20	32	44	55	64	70	71	66	57	45	34	25	18	13	16	-3	73	76	4.45	
4	2-in. h.w. concrete with 1-in. (or 2-in.) insulation	29 (0.122)	0.206	12	8	5	3	0	-1	-1	3	11	20	30	41	51	59	65	66	62	54	45	36	29	22	17	16	-1	67	68	6.57	
5	1-in. wood with 2-in. insulation	19 (0.164)	0.164	3	0	-3	-4	-5	-7	-6	-3	5	16	27	39	49	57	63	64	62	57	48	37	26	18	11	7	16	-7	64	71	3.83
6	6-in. l.w. concrete	24 (0.158)	0.158	12	17	13	9	6	3	1	1	3	7	15	23	33	43	51	58	62	64	62	57	50	42	35	28	18	1	54	63	5.79
7	2.5-in. wood with 1-in. insulation	13 (0.130)	0.130	29	24	20	16	13	10	7	6	6	9	13	20	27	34	42	48	53	55	56	54	49	44	39	34	19	6	56	50	6.51
8	8-in. l.w. concrete	31 (0.126)	0.126	15	30	26	22	18	14	11	9	7	7	9	13	19	25	33	39	46	50	53	54	53	49	45	40	20	7	54	47	7.13
9	4-in. h.w. concrete with 1-in. (or 2-in.) insulation	52 (0.120)	0.200	25	22	18	15	12	9	8	8	10	14	20	26	33	40	46	50	53	52	48	43	38	34	30	26	18	8	53	45	11.21
10	2.5-in. wood with 2-in. insulation	13 (0.093)	0.093	30	26	23	19	16	13	10	9	8	9	13	17	23	29	36	41	46	49	51	50	47	43	39	35	19	8	51	43	6.61
11	Roof terrace system	(75)	0.106	34	31	28	25	22	19	16	14	13	13	15	18	22	26	31	36	40	44	45	46	45	43	40	37	20	13	46	33	15.98
12	6-in. h.w. concrete with 1-in. (or 2-in.) insulation	75 (0.117)	0.192	38	28	25	22	20	17	15	14	16	18	22	26	31	36	40	43	45	45	44	42	40	37	34	19	14	45	31	15.99	
13	4-in. wood with 1-in. (or 2-in.) insulation	17 (0.182)	0.106	38	33	30	28	25	22	20	18	17	16	17	18	21	24	28	32	36	39	41	43	43	42	40	22	16	43	27	9.27	
With Suspended Ceiling																																
1	Steel sheet with 1-in. (or 2-in.) insulation	9 (0.093)	0.134	2	0	-2	-3	-4	-4	-1	9	23	37	50	62	71	77	78	74	67	56	42	28	18	12	8	5	15	-4	78	82	2.50
2	1-in. wood with 1-in. insulation	10 (0.115)	0.115	20	15	11	8	5	3	2	3	7	13	21	30	40	48	55	60	62	61	58	51	44	37	30	25	17	2	62	60	4.11
3	4-in. l.w. concrete	20 (0.134)	0.134	19	14	10	7	4	2	0	0	4	10	19	29	39	48	56	62	65	64	61	54	46	38	30	24	17	0	65	65	4.83
4	2-in. h.w. concrete with 1-in. (or 2-in.) insulation	30 (0.131)	0.206	23	23	20	17	15	13	13	14	16	20	25	30	35	39	43	46	47	46	44	41	38	35	32	18	13	47	34	6.94	
5	1-in. wood with 2-in. insulation	20 (0.083)	0.083	25	20	16	13	10	7	5	5	7	12	18	25	33	41	48	53	57	57	56	52	46	40	34	29	18	5	57	52	4.21
6	6-in. l.w. concrete	26 (0.100)	0.100	32	28	23	19	16	13	10	8	7	8	11	16	22	29	36	42	48	52	54	54	51	47	42	37	20	7	54	47	6.17
7	2.5-in. wood with 1-in. insulation	15 (0.096)	0.096	34	31	29	26	23	21	18	16	15	15	16	18	21	25	30	34	38	41	44	44	42	40	37	21	15	44	29	6.89	
8	8-in. l.w. concrete	33 (0.093)	0.093	39	36	33	29	26	23	20	18	15	14	14	15	17	20	25	29	34	38	42	45	46	45	44	42	21	14	46	32	7.51
9	4-in. h.w. concrete with 1-in. (or 2-in.) insulation	53 (0.090)	0.192	40	29	27	26	24	22	21	20	20	23	22	24	27	29	32	34	36	38	38	37	36	34	33	19	10	46	38	11.58	
10	2.5-in. wood with 2-in. insulation	15 (0.072)	0.072	33	30	28	26	24	22	20	18	18	18	20	22	25	28	32	35	38	40	41	41	40	39	37	21	18	41	23	6.98	
11	Roof terrace system	(75)	0.082	30	28	27	26	25	24	23	22	22	22	23	23	25	26	28	29	31	32	33	33	33	32	32	22	22	33	11	16.36	
12	6-in. h.w. concrete with 1-in. (or 2-in.) insulation	77 (0.088)	0.121	29	28	27	26	25	24	23	22	21	21	22	23	25	26	28	30	32	33	34	34	34	33	32	21	21	34	13	16.26	
13	4-in. wood with 1-in. (or 2-in.) insulation	19 (0.082)	0.082	34	33	32	31	29	27	26	24	23	22	21	22	22	24	25	27	30	32	34	35	36	37	36	23	21	37	16	9.64	

Tabel 5 faktor koreksi (*latitude month*)

TABLE 6.4 CLTD CORRECTION FOR LATITUDE AND MONTH APPLIED TO WALLS AND ROOFS, NORTH LATITUDES, F

Lat.	Month	N	NNE NNW	NE NW	ENE WNW	E W	ESE WSW	SE SW	SSE SSW	S	HOR
0	Dec	-3	-5	-5	-5	-2	0	3	6	9	-1
	Jan/Nov	-3	-5	-4	-4	-1	0	2	4	7	-1
	Feb/Oct	-3	-2	-2	-2	-1	-1	0	-1	0	0
	Mar/Sept	-3	0	1	-1	-1	-3	-3	-5	-8	0
	Apr/Aug	5	4	3	0	-2	-5	-6	-8	-8	-2
	May/Jul	10	7	5	0	-5	-7	-8	-9	-8	-4
8	Dec	-4	-6	-6	-6	-3	0	4	8	12	-5
	Jan/Nov	-3	-5	-6	-5	-2	0	3	6	10	-4
	Feb/Oct	-3	-4	-3	-3	-1	-1	1	2	4	-1
	Mar/Sept	-3	-2	-1	-1	-1	-2	-2	-3	-4	0
	Apr/Aug	2	2	2	0	-1	-4	-5	-7	-7	-1
	May/Jul	7	5	4	0	-2	-5	-7	-9	-7	-2
16	Dec	-4	-6	-8	-8	-4	-1	4	9	13	-9
	Jan/Nov	-4	-6	-7	-7	-4	-1	4	8	12	-7
	Feb/Oct	-3	-5	-5	-4	-2	0	2	5	7	-4
	Mar/Sept	-3	-3	-2	-2	-1	-1	0	0	0	-1
	Apr/Aug	-1	0	-1	-1	-1	-3	-3	-5	-6	0
	May/Jul	4	3	3	0	-1	-4	-5	-7	-7	0
24	Dec	-5	-7	-9	-10	-7	-3	3	9	13	-13
	Jan/Nov	-4	-6	-8	-9	-6	-3	9	3	13	-11
	Feb/Oct	-4	-5	-6	-6	-3	-1	3	7	10	-7
	Mar/Sept	-3	-4	-3	-3	-1	-1	1	2	4	-3
	Apr/Aug	-2	-1	0	-1	-1	-2	-1	-2	-3	0
	May/Jul	1	2	2	0	0	-3	-3	-5	-6	1
32	Dec	-5	-7	-10	-11	-8	-5	2	9	12	-17
	Jan/Nov	-5	-7	-9	-11	-8	-15	-4	2	9	12
	Feb/Oct	-4	-6	-7	-8	-4	-2	4	8	11	-10
	Mar/Sept	-3	-4	-4	-4	-2	-1	3	5	7	-5
	Apr/Aug	-2	-2	-1	-2	0	-1	0	1	1	-1
	May/Jul	1	1	1	0	0	-1	-1	-3	-3	1
40	Dec	-6	-8	-10	-13	-10	-7	0	7	10	-21
	Jan/Nov	-5	-7	-10	-12	-9	-6	1	8	11	-19
	Feb/Oct	-5	-7	-8	-9	-6	-3	3	8	12	-14
	Mar/Sept	-4	-5	-5	-6	-3	-1	4	7	10	-8
	Apr/Aug	-2	-3	-2	-2	0	0	2	3	4	-3
	May/Jul	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
48	Dec	-6	-8	-11	-14	-13	-10	-3	2	6	-25
	Jan/Nov	-6	-8	-11	-13	-11	-8	-1	5	8	-24
	Feb/Oct	-5	-7	-10	-11	-8	-5	1	8	11	-18
	Mar/Sept	-4	-6	-6	-7	-4	-1	4	8	11	-11
	Apr/Aug	-3	-3	-3	-3	-1	0	4	6	7	-5
	May/Jul	0	-1	0	0	1	1	3	3	4	0
	Jun	1	1	2	1	2	1	2	2	3	2

Reprinted with permission from the 1989 ASHRAE Handbook—Fundamentals.

Faktor panas untuk kaca yang terpapar matahari

TABLE 6.6 MAXIMUM SOLAR HEAT GAIN FACTOR (SHGF) BTU/HR • FT² FOR SUNLIT GLASS, NORTH LATITUDES

20° N. Lat.										30° N. Lat.										
N	NNE/NNW	NE/NW	ENE/ENW	E/W	ESE/ESW	SE/SSW	SSE/SSW	S	HOR	N (Shade)	NNE/NNW	NE/NW	ENE/ENW	E/W	ESE/ESW	SE/SSW	SSE/SSW	S	HOR	
Jan.	29	29	48	138	201	243	253	214	232	Jan.	22	22	34	90	166	219	247	252	252	155
Feb.	31	31	88	173	226	240	238	201	174	Feb.	26	26	57	139	193	239	248	239	232	159
Mar.	34	49	132	200	237	236	206	152	115	Mar.	30	33	99	176	223	238	232	206	192	158
Apr.	38	92	166	213	228	208	158	91	58	Apr.	35	76	144	196	225	221	196	156	135	162
May	47	123	184	217	217	184	124	54	42	May	38	107	168	204	220	204	165	116	93	172
June	59	135	189	216	210	175	108	45	42	June	47	118	175	205	215	194	150	99	77	173
July	48	124	182	213	212	179	119	53	43	July	39	107	165	201	216	199	161	113	90	168
Aug.	40	91	162	206	220	200	152	88	57	Aug.	36	75	138	190	218	212	189	151	131	157
Sep.	36	46	127	191	225	225	199	148	114	Sep.	31	31	95	167	210	228	223	200	187	160
Oct.	32	32	87	162	217	236	231	196	170	Oct.	27	27	56	133	187	230	239	231	225	159
Nov.	29	29	48	136	197	239	249	229	211	Nov.	22	22	24	87	163	215	243	248	248	151
Dec.	27	27	35	122	187	238	254	241	226	Dec.	20	20	20	69	151	204	241	253	254	136

24° N. Lat.										40° N. Lat.										
N	NNE/NNW	NE/NW	ENE/ENW	E/W	ESE/ESW	SE/SSW	SSE/SSW	S	HOR	N (Shade)	NNE/NNW	NE/NW	ENE/ENW	E/W	ESE/ESW	SE/SSW	SSE/SSW	S	HOR	
Jan.	27	27	41	128	190	240	253	241	227	Jan.	20	20	20	74	154	205	241	252	254	133
Feb.	30	30	80	165	220	244	243	213	192	Feb.	24	24	50	129	186	234	246	244	241	180
Mar.	34	45	124	195	234	237	214	168	137	Mar.	29	29	93	169	218	238	236	216	206	123
Apr.	37	88	159	209	228	212	169	107	75	Apr.	34	71	140	190	224	223	203	170	154	253
May	43	117	178	214	218	190	152	67	46	May	37	102	165	202	220	208	175	133	113	165
June	55	127	184	214	212	179	117	55	43	June	48	113	172	205	216	199	161	116	95	267
July	45	116	176	210	213	185	129	65	46	July	38	102	163	198	216	203	170	129	109	267
Aug.	38	87	156	203	220	204	162	103	72	Aug.	34	71	135	185	216	214	196	165	149	263
Sep.	35	42	119	185	222	225	206	163	134	Sep.	30	30	87	160	203	227	226	209	200	315
Oct.	31	31	79	159	211	237	235	207	187	Oct.	25	25	49	123	180	225	238	236	234	177
Nov.	27	27	42	126	187	236	249	237	224	Nov.	20	20	20	73	151	201	237	248	250	133
Dec.	26	26	29	112	180	234	247	247	237	Dec.	18	18	18	60	135	188	232	249	253	113

28° N. Lat.										44° N. Lat.										
N (Shade)	NNE/NNW	NE/NW	ENE/ENW	E/W	ESE/ESW	SE/SSW	SSE/SSW	S	HOR	N (Shade)	NNE/NNW	NE/NW	ENE/ENW	E/W	ESE/ESW	SE/SSW	SSE/SSW	S	HOR	
Jan.	25	25	35	117	183	235	251	247	238	Jan.	17	17	17	64	138	189	232	248	252	109
Feb.	29	29	72	157	215	244	246	224	207	Feb.	22	22	43	117	178	227	246	248	247	160
Mar.	33	41	116	189	231	237	221	182	157	Mar.	27	27	87	162	211	236	238	224	218	206
Apr.	36	84	151	205	228	216	178	124	94	Apr.	33	66	136	185	221	224	210	183	171	240
May	40	115	172	211	219	195	144	83	58	May	36	96	162	201	219	211	183	148	132	257
June	51	125	178	211	213	184	128	68	49	June	47	106	169	205	213	203	171	132	115	261
July	41	114	170	208	215	190	140	80	57	July	37	96	159	198	215	206	179	144	128	251
Aug.	38	83	149	199	220	207	172	120	91	Aug.	34	66	132	180	214	215	202	177	165	268
Sep.	34	38	111	179	219	226	213	171	154	Sep.	28	28	80	152	198	226	227	216	211	199
Oct.	30	30	71	151	204	236	238	217	202	Oct.	23	23	42	111	171	217	237	240	239	157
Nov.	26	26	35	115	181	232	247	243	235	Nov.	18	18	64	135	186	227	244	248	248	109
Dec.	24	24	24	99	172	227	248	251	246	Dec.	15	15	15	49	115	175	217	240	246	89

32° N. Lat.										48° N. Lat.										
N (Shade)	NNE/NNW	NE/NW	ENE/ENW	E/W	ESE/ESW	SE/SSW	SSE/SSW	S	HOR	N (Shade)	NNE/NNW	NE/NW	ENE/ENW	E/W	ESE/ESW	SE/SSW	SSE/SSW	S	HOR	
Jan.	24	24	29	105	175	229	249	250	246	Jan.	15	15	15	53	118	175	216	239	245	85
Feb.	27	27	65	149	205	242	248	232	221	Feb.	20	20	36	103	168	216	262	249	250	138
Mar.	32	37	107	181	227	237	227	195	176	Mar.	26	26	80	154	204	234	239	232	238	160
Apr.	36	80	146	200	227	219	187	141	115	Apr.	31	61	132	180	219	225	215	194	186	236
May	38	111	170	208	220	199	155	99	74	May	35	97	158	200	218	214	192	163	150	260
June	44	122	176	208	214	189	139	83	60	June	46	110	165	204	215	206	180	148	134	252
July	41	116	174	207	214	190	140	80	57	July	37	96	156	196	214	209	187	158	146	244
Aug.	37	79	141	195	219	210	181	136	111	Aug.	33	61	128	174	211	216	208	188	180	273
Sep.	33	35	103	171	215	227	218	189	171	Sep.	27	27	72	144	191	223	228	223	220	182
Oct.	28	28	63	143	195	234	245	235	215	Oct.	21	21	35	96	161	207	235	241	242	136
Nov.	24	24	29	103	173	225	245	246	243	Nov.	15	15	15	49	115	175	216	239	245	85
Dec.	22	22	22	84	162	218	246	252	252	Dec.	13	13	13	36	91	156	195	223	235	60

Koefisien bayangan kaca

TABLE 6.7 SHADING COEFFICIENTS FOR GLASS WITHOUT OR WITH INTERIOR SHADING DEVICES

Type of Glazing	Nominal Thickness, in (Each light)	Without Shading	With Interior Shading				
			Venetian Blinds		Roller Shades		
			Medium	Light	Opaque		Translucent
					Dark	Light	
Single glass							
Clear	1/4	0.94	0.74	0.67	0.81	0.39	0.44
Heat absorbing	1/4	0.69	0.57	0.53	0.45	0.30	0.36
Double glass							
Clear	1/4	0.81	0.62	0.58	0.71	0.35	0.40
Heat absorbing	1/4	0.55	0.39	0.36	0.40	0.22	0.30

Note: Venetian blinds are assumed set at a 45° position. Adapted with permission from the 1993 ASHRAE Handbook—Fundamentals.

Faktor beban pendinginan lampu 8 dan 10 jam

Table 4.4A Cooling Load Factors When Lights Are on for 8 Hours

°F Climate Zone	°F Climate Zone	Number of hours after lights are turned on																						
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
0.45	A	0.02	0.46	0.57	0.65	0.72	0.77	0.82	0.85	0.88	0.45	0.37	0.30	0.24	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02
	B	0.07	0.51	0.56	0.61	0.65	0.68	0.71	0.74	0.77	0.34	0.31	0.28	0.25	0.22	0.20	0.18	0.16	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08
	C	0.11	0.55	0.58	0.60	0.63	0.65	0.67	0.69	0.71	0.28	0.26	0.25	0.23	0.22	0.20	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12
	D	0.14	0.58	0.60	0.61	0.62	0.63	0.64	0.65	0.66	0.22	0.22	0.22	0.21	0.20	0.20	0.19	0.19	0.18	0.18	0.17	0.16	0.16	0.15
0.55	A	0.21	0.56	0.65	0.72	0.77	0.82	0.85	0.88	0.90	0.37	0.30	0.24	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.07	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02
	B	0.06	0.46	0.44	0.48	0.51	0.54	0.57	0.60	0.63	0.28	0.25	0.23	0.20	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07
	C	0.09	0.43	0.46	0.48	0.50	0.51	0.53	0.55	0.57	0.26	0.23	0.20	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07
	D	0.11	0.46	0.47	0.48	0.49	0.50	0.51	0.52	0.52	0.18	0.17	0.17	0.16	0.16	0.16	0.15	0.14	0.14	0.13	0.13	0.12	0.12	0.12
0.60	A	0.01	0.46	0.53	0.58	0.62	0.66	0.69	0.71	0.73	0.29	0.23	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01
	B	0.04	0.48	0.52	0.55	0.57	0.60	0.62	0.64	0.65	0.22	0.19	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05
	C	0.07	0.52	0.55	0.57	0.58	0.59	0.60	0.62	0.63	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.10	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07
	D	0.09	0.53	0.54	0.55	0.56	0.57	0.57	0.58	0.59	0.14	0.14	0.13	0.13	0.12	0.12	0.11	0.11	0.11	0.10	0.10	0.10	0.10	0.09
0.75	A	0.01	0.36	0.40	0.44	0.47	0.50	0.52	0.53	0.55	0.21	0.17	0.13	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01
	B	0.03	0.38	0.42	0.45	0.48	0.51	0.53	0.55	0.57	0.15	0.14	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.04
	C	0.05	0.40	0.43	0.46	0.48	0.51	0.53	0.55	0.57	0.13	0.12	0.11	0.10	0.10	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.05
	D	0.06	0.41	0.43	0.45	0.47	0.49	0.51	0.53	0.55	0.08	0.08	0.10	0.10	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07

Table 4.4B Cooling Load Factors when Lights Are on for 10 Hours

°F Climate Zone		Number of hours after lights are turned on																							
°F Climate Zone	°F Climate Zone	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
0.45	A	0.03	0.47	0.58	0.66	0.71	0.78	0.82	0.86	0.88	0.91	0.93	0.89	0.79	0.52	0.26	0.21	0.17	0.13	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	0.04
	B	0.10	0.54	0.59	0.63	0.66	0.69	0.73	0.75	0.78	0.80	0.82	0.86	0.83	0.72	0.38	0.26	0.23	0.21	0.19	0.17	0.15	0.13	0.12	0.11
	C	0.13	0.59	0.61	0.64	0.66	0.68	0.70	0.72	0.75	0.76	0.78	0.81	0.81	0.81	0.78	0.27	0.26	0.24	0.23	0.21	0.20	0.19	0.17	0.16
	D	0.16	0.62	0.63	0.64	0.66	0.67	0.68	0.69	0.69	0.70	0.71	0.72	0.72	0.72	0.26	0.26	0.25	0.24	0.23	0.22	0.21	0.20	0.19	0.18
0.55	A	0.02	0.37	0.45	0.52	0.58	0.62	0.65	0.68	0.71	0.73	0.74	0.72	0.62	0.21	0.21	0.17	0.14	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03
	B	0.08	0.42	0.46	0.49	0.51	0.53	0.55	0.57	0.58	0.60	0.64	0.65	0.63	0.29	0.28	0.23	0.21	0.19	0.17	0.15	0.14	0.12	0.11	0.10
	C	0.12	0.46	0.48	0.50	0.52	0.54	0.55	0.57	0.58	0.59	0.61	0.62	0.63	0.24	0.22	0.20	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10
	D	0.15	0.49	0.50	0.51	0.52	0.53	0.53	0.54	0.55	0.56	0.56	0.57	0.57	0.22	0.22	0.21	0.20	0.19	0.18	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14
0.60	A	0.02	0.36	0.43	0.49	0.53	0.56	0.59	0.61	0.63	0.65	0.66	0.64	0.59	0.21	0.25	0.20	0.16	0.13	0.11	0.08	0.07	0.05	0.04	0.04
	B	0.06	0.41	0.44	0.47	0.49	0.51	0.53	0.55	0.57	0.58	0.59	0.62	0.62	0.25	0.27	0.20	0.18	0.16	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09
	C	0.09	0.44	0.45	0.47	0.48	0.50	0.51	0.53	0.54	0.56	0.57	0.60	0.60	0.21	0.20	0.19	0.17	0.16	0.15	0.14	0.14	0.13	0.12	0.11
	D	0.11	0.46	0.47	0.48	0.49	0.50	0.51	0.52	0.53	0.54	0.55	0.56	0.57	0.21	0.19	0.16	0.16	0.15	0.14	0.14	0.14	0.14	0.13	0.12
0.75	A	0.01	0.36	0.40	0.44	0.48	0.50	0.52	0.53	0.55	0.56	0.56	0.54	0.47	0.22	0.18	0.14	0.12	0.09	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02
	B	0.04	0.39	0.43	0.46	0.49	0.51	0.53	0.55	0.57	0.58	0.59	0.61	0.62	0.13	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02
	C	0.07	0.41	0.43	0.45	0.47	0.49	0.51	0.53	0.55	0.57	0.58	0.60	0.61	0.11	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.06
	D	0.08	0.43	0.45	0.46	0.48	0.49	0.51	0.53	0.55	0.57	0.58	0.60	0.61	0.10	0.12	0.12	0.12	0.11	0.11	0.10	0.10	0.09	0.09	0.09

Faktor beban pendinginan untuk manusia

TABLE 6.13 RATES OF HEAT GAIN FROM OCCUPANTS OF CONDITIONED SPACES

Degree of Activity		Total Heat Adults		Sensible Heat, Btu/h	Latent Heat, Btu/h
		Adult Male	Adjusted M/F ^a		
Seated at theater	Theater—matinee	390	330	225	105
Seated at theater, night	Theater—night	390	350	245	105
Seated, very light work	Offices, hotels, apartments	450	400	245	155
Moderately active office work	Offices, hotels, apartments	475	450	250	200
Standing, light work; walking	Department store, retail store	550	450	250	200
Walking; standing	Drug store, bank	550	500	250	250
Sedentary work	Restaurant ^b	490	550	275	275
Light bench work	Factory	800	750	275	475
Moderate dancing	Dance hall	900	850	305	545
Walking 3 mph; light machine work	Factory	1000	1000	375	625
Bowling ^c	Bowling alley	1500	1450	580	870
Heavy work	Factory	1500	1450	580	870
Heavy machine work; lifting	Factory	1600	1600	635	965
Athletics	Gymnasium	2000	1800	710	1090

Notes

1. Tabulated values are based on 75°F room dry-bulb temperature. For 80°F room dry-bulb, the total heat remains the same, but the sensible heat values should be decreased by approximately 20%, and the latent heat values increased accordingly.

^a Adjusted heat gain is based on normal percentage of men, women, and children for the application listed, with the postulate that the gain from an adult female is 85% of that for an adult male, and that the gain from a child is 75% of that for an adult male.

^b Adjusted total heat gain for *Sedentary work, Restaurant*, includes 60 Btu/h for food per individual (30 Btu/h sensible and 30 Btu/h latent.)

^c Figure one person per alley actually bowling, and all others as sitting (400 Btu/h) or standing or walking slowly (550 Btu/h).

Reprinted with permission from the 1997 ASHRAE Handbook—Fundamentals.

Koefisien depresiasi lampu

Room index	0.75	1.0	1.25	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0
Room reflectances C W F									
70 - 50 - 20	0.36	0.42	0.47	0.51	0.56	0.60	0.63	0.66	0.69
30	0.31	0.36	0.42	0.46	0.52	0.56	0.59	0.63	0.66
10	0.27	0.32	0.37	0.41	0.47	0.52	0.55	0.60	0.63
50 - 50 - 20	0.33	0.38	0.43	0.46	0.51	0.54	0.57	0.60	0.62
30	0.29	0.34	0.38	0.42	0.51	0.51	0.53	0.57	0.59
10	0.25	0.30	0.35	0.38	0.44	0.48	0.50	0.54	0.57
30 - 50 - 20	0.31	0.35	0.39	0.42	0.46	0.49	0.51	0.54	0.55
30	0.27	0.31	0.35	0.38	0.43	0.46	0.48	0.52	0.54
10	0.23	0.28	0.32	0.35	0.40	0.44	0.46	0.50	0.52
0 - 0 - 0	0.20	0.24	0.28	0.30	0.34	0.37	0.39	0.42	0.44

Using the table

Calculate the room index – see section 4, page 15

Decide on the appropriate reflection factors for ceiling (C), walls (W) and floor (F) – see section 4, page 15

Locate utilisation factor at intersection of appropriate column and row

Faktor Beban pendinginan untuk kaca

TABLE 6.8 COOLING LOAD FACTORS (CLF) FOR GLASS WITHOUT INTERIOR SHADING, IN NORTH LATITUDE SPACES HAVING CARPETED FLOORS

Room	Dtc.	Mass	Solar Time																							
			0100	0200	0300	0400	0500	0600	0700	0800	0900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400
N	L	.00	.00	.00	.00	.01	.64	.73	.74	.81	.88	.95	.98	.98	.94	.88	.79	.79	.55	.31	.12	.04	.02	.01	.00	.00
	M	.03	.02	.02	.02	.02	.64	.69	.69	.77	.84	.91	.94	.95	.91	.86	.79	.79	.56	.32	.16	.10	.07	.05	.04	.00
	H	.10	.09	.08	.07	.07	.62	.64	.64	.71	.77	.83	.87	.88	.85	.81	.75	.76	.55	.34	.22	.17	.15	.13	.11	.00
NE	L	.00	.00	.00	.00	.01	.51	.83	.88	.72	.47	.33	.27	.24	.23	.20	.18	.14	.09	.05	.01	.00	.00	.00	.00	.00
	M	.01	.01	.00	.00	.01	.50	.78	.82	.67	.44	.32	.28	.26	.24	.22	.19	.15	.11	.05	.03	.02	.02	.01	.01	.00
	H	.03	.03	.03	.02	.03	.47	.71	.72	.59	.40	.30	.27	.26	.25	.23	.20	.17	.13	.08	.06	.05	.04	.04	.04	.00
E	L	.00	.00	.00	.00	.00	.42	.76	.91	.90	.75	.51	.30	.22	.18	.16	.15	.11	.07	.02	.01	.00	.00	.00	.00	.00
	M	.01	.01	.00	.00	.01	.41	.72	.86	.84	.71	.48	.30	.24	.21	.18	.16	.13	.09	.04	.03	.02	.01	.01	.01	.00
	H	.03	.03	.03	.02	.02	.39	.66	.76	.74	.63	.43	.29	.24	.22	.20	.18	.15	.12	.08	.06	.05	.04	.04	.04	.00
SE	L	.00	.00	.00	.00	.00	.27	.58	.81	.95	.95	.81	.59	.37	.27	.21	.18	.14	.09	.03	.01	.00	.00	.00	.00	.00
	M	.01	.01	.01	.00	.01	.26	.55	.77	.88	.87	.76	.56	.37	.29	.24	.20	.16	.11	.05	.04	.03	.02	.02	.01	.00
	H	.04	.04	.03	.03	.03	.26	.51	.69	.78	.78	.68	.51	.35	.29	.25	.22	.19	.15	.09	.08	.07	.06	.05	.05	.00
S	L	.00	.00	.00	.00	.00	.07	.15	.23	.39	.62	.82	.94	.93	.80	.59	.38	.26	.16	.06	.02	.01	.00	.00	.00	.00
	M	.01	.01	.01	.01	.01	.07	.14	.22	.38	.59	.78	.88	.88	.76	.57	.38	.28	.18	.09	.06	.04	.03	.02	.02	.00
	H	.05	.06	.04	.04	.03	.09	.15	.21	.35	.54	.70	.79	.69	.52	.37	.29	.21	.13	.10	.09	.08	.07	.06	.06	.00
SW	L	.00	.00	.00	.00	.00	.04	.09	.13	.16	.19	.23	.29	.62	.82	.94	.94	.81	.54	.19	.07	.03	.01	.00	.00	.00
	M	.02	.02	.01	.01	.01	.05	.09	.13	.16	.19	.22	.28	.60	.78	.89	.89	.77	.52	.20	.10	.07	.05	.04	.04	.00
	H	.07	.06	.05	.05	.04	.07	.11	.14	.16	.18	.21	.25	.55	.71	.80	.79	.69	.48	.20	.14	.11	.10	.08	.07	.00
W	L	.00	.00	.00	.00	.00	.03	.07	.10	.13	.15	.16	.18	.31	.55	.78	.92	.93	.73	.25	.10	.04	.01	.01	.00	.00
	M	.02	.02	.01	.01	.01	.04	.07	.10	.13	.14	.16	.17	.30	.53	.74	.87	.88	.69	.24	.12	.07	.05	.04	.04	.00
	H	.06	.06	.05	.04	.04	.06	.09	.11	.13	.15	.16	.17	.28	.49	.67	.78	.79	.62	.22	.14	.11	.09	.08	.07	.00
NW	L	.00	.00	.00	.00	.00	.04	.09	.14	.17	.20	.22	.25	.24	.31	.53	.78	.92	.81	.28	.10	.04	.02	.01	.00	.00
	M	.02	.02	.01	.01	.01	.05	.10	.13	.17	.19	.21	.22	.30	.52	.75	.88	.77	.26	.12	.07	.05	.04	.04	.04	.00
	H	.06	.06	.05	.04	.04	.07	.11	.14	.17	.19	.20	.21	.22	.28	.48	.68	.79	.69	.23	.14	.10	.09	.08	.07	.00
Hoc.	L	.00	.00	.00	.00	.00	.08	.25	.45	.64	.80	.91	.97	.97	.91	.80	.64	.44	.23	.08	.03	.01	.00	.00	.00	.00
	M	.02	.02	.01	.01	.01	.08	.24	.43	.60	.75	.85	.92	.92	.87	.77	.63	.45	.26	.13	.07	.05	.04	.04	.04	.00
	H	.07	.06	.05	.05	.04	.11	.25	.41	.56	.68	.77	.83	.83	.80	.71	.59	.44	.28	.17	.13	.11	.10	.09	.08	.00

Values for nominal 15 ft by 15 ft by 15 ft high space, with ceiling, and 50% or less glass in exposed surface at East orientation.

L = Lightweight construction, such as 1 in. wood floor, Group C wall.

M = Mediumweight construction, such as 2 in. concrete floor, Group C wall.

H = Heavyweight construction, such as 6 in. concrete floor, Group C wall.

Reprinted with permission from the 1989 ASHRAE Handbook—Fundamentals.

Faktor Beban pendinginan untuk kaca

TABLE 6.9 COOLING LOAD FACTORS (CLF) FOR GLASS WITHOUT INTERIOR SHADING, IN NORTH LATITUDE SPACES HAVING UNCARPETED FLOORS

Room	Dtc.	Mass	Solar Time																							
			0100	0200	0300	0400	0500	0600	0700	0800	0900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400
N	L	.00	.00	.00	.00	.01	.64	.73	.74	.81	.88	.95	.98	.98	.94	.88	.79	.79	.55	.31	.12	.04	.02	.01	.00	.00
	M	.12	.09	.07	.06	.05	.23	.45	.53	.61	.69	.76	.82	.85	.85	.81	.70	.70	.60	.43	.32	.24	.19	.15	.13	.11
	H	.24	.21	.19	.18	.16	.43	.48	.51	.56	.61	.66	.71	.73	.74	.73	.71	.71	.62	.52	.42	.36	.32	.29	.26	.00
NE	L	.00	.00	.00	.00	.01	.51	.83	.88	.72	.47	.33	.27	.24	.23	.20	.18	.14	.09	.05	.01	.00	.00	.00	.00	.00
	M	.03	.02	.02	.02	.02	.24	.45	.57	.58	.40	.41	.36	.32	.29	.27	.24	.21	.17	.13	.10	.07	.06	.05	.04	.00
	H	.08	.07	.07	.06	.06	.27	.43	.49	.45	.37	.32	.29	.28	.27	.26	.24	.22	.19	.16	.14	.12	.11	.10	.09	.00
E	L	.00	.00	.00	.00	.00	.42	.76	.91	.90	.75	.51	.30	.22	.18	.16	.15	.11	.07	.02	.01	.00	.00	.00	.00	.00
	M	.05	.02	.02	.02	.01	.20	.41	.57	.65	.64	.55	.44	.36	.31	.26	.23	.19	.16	.12	.09	.07	.06	.04	.04	.00
	H	.08	.08	.07	.06	.06	.24	.40	.50	.55	.59	.61	.53	.39	.28	.26	.24	.22	.19	.16	.14	.13	.11	.10	.09	.00
SE	L	.00	.00	.00	.00	.00	.27	.58	.81	.93	.93	.81	.59	.37	.27	.21	.18	.14	.09	.03	.01	.00	.00	.00	.00	.00
	M	.04	.03	.02	.02	.02	.13	.31	.48	.62	.69	.69	.61	.50	.41	.35	.30	.25	.20	.15	.12	.09	.07	.06	.05	.00
	H	.10	.09	.08	.08	.07	.18	.32	.45	.53	.56	.54	.47	.39	.33	.32	.29	.26	.23	.19	.17	.15	.14	.12	.11	.00
S	L	.00	.00	.00	.00	.00	.07	.15	.23	.39	.62	.82	.94	.93	.80	.59	.38	.26	.16	.06	.02	.01	.00	.00	.00	.00
	M	.05	.04	.04	.03	.02	.05	.09	.14	.24	.38	.59	.85	.72	.71	.63	.52	.42	.33	.24	.18	.14	.11	.09	.07	.00
	H	.13	.12	.10	.09	.09	.11	.14	.17	.25	.36	.47	.55	.58	.56	.49	.41	.36	.30	.25	.21	.19	.17	.16	.14	.00
SW	L	.00	.00	.00	.00	.00	.04	.09	.13	.16	.19	.23	.29	.62	.82	.94	.94	.81	.54	.19	.07	.03	.01	.00	.00	.00
	M	.08	.07	.06	.04	.03	.05	.07	.09	.12	.15	.17	.20	.40	.54	.66	.73	.72	.61	.43	.31	.23	.17	.13	.10	.00
	H	.15	.14	.12	.11	.10	.11	.12	.14	.15	.17	.18	.20	.37	.48	.56	.59	.57	.47	.33	.27	.23	.21	.19	.17	.00
W	L	.00	.00	.00	.00	.00	.03	.07	.10	.13	.15	.16	.18	.31	.55	.78	.92	.93	.73	.25	.10	.04	.01	.01	.00	.00
	M	.08	.07	.06	.04	.04	.04	.06	.08	.10	.12	.13	.15	.21	.35	.50	.63	.71	.67	.46	.33	.24	.18	.14	.11	.00
	H	.14	.13	.12	.11	.10	.10	.11	.12	.13	.14	.15	.16	.21	.33	.45	.54	.58	.52	.33	.26	.22	.19	.16	.16	.00
NW	L	.00	.00	.00	.00	.00	.04	.09	.14	.17	.20	.22	.25	.24	.31	.53	.78	.92	.81	.28	.10	.04	.02	.01	.00	.00
	M	.08	.06	.05	.04	.03	.05	.07	.10	.13	.15	.17	.19	.20	.24	.36	.51	.64	.66	.46	.32	.23	.17	.13	.10	.00
	H	.12	.12	.11	.10	.09	.16	.12	.15	.16	.17	.18	.19	.23	.33	.46	.55	.53	.33	.25	.21	.18	.16	.15	.15	.00
Hoc.	L	.00	.00	.00	.00	.00	.08	.25	.45	.64	.80	.91	.97	.97	.91	.80	.64	.44	.23	.08	.03	.01	.00	.00	.00	.00
	M	.02	.02	.01	.01	.01	.08	.24	.43	.60	.75	.85	.92	.92	.87	.77	.63	.45	.26	.13	.07	.05	.04	.04	.04	.00
	H	.07	.06	.05	.05	.04	.11	.25	.41	.56	.68	.77	.83	.83	.80	.71	.59	.44	.28	.17	.13	.11	.10	.09	.08	.00

Values for nominal 15 ft by 15 ft by 15 ft high space, with ceiling, and 50% or less glass in exposed surface at East orientation.

L = Lightweight construction, such as

TABLE 6.10 COOLING LOAD FACTORS (CLF) FOR GLASS WITH INTERIOR SHADING, NORTH LATITUDES
(ALL ROOM CONSTRUCTIONS)

Fenestration Facing	Solar Time, h																							
	0100	0200	0300	0400	0500	0600	0700	0800	0900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400
N	0.04	0.07	0.06	0.06	0.07	0.73	0.66	0.65	0.73	0.80	0.86	0.88	0.89	0.86	0.82	0.75	0.78	0.91	0.24	0.18	0.15	0.13	0.11	0.10
NNW	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03	0.64	0.57	0.62	0.42	0.37	0.37	0.37	0.36	0.35	0.32	0.28	0.23	0.17	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04
NE	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.56	0.76	0.74	0.58	0.37	0.29	0.27	0.26	0.24	0.22	0.20	0.16	0.12	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03
ENE	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.52	0.76	0.80	0.71	0.52	0.31	0.26	0.24	0.22	0.20	0.18	0.15	0.11	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03
E	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.47	0.72	0.80	0.76	0.62	0.41	0.27	0.24	0.22	0.20	0.17	0.14	0.11	0.06	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03
ESW	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.41	0.67	0.79	0.80	0.72	0.54	0.34	0.27	0.24	0.21	0.19	0.15	0.12	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03
SE	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.30	0.57	0.74	0.81	0.79	0.68	0.49	0.33	0.28	0.25	0.22	0.18	0.13	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04
SSE	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.12	0.31	0.54	0.72	0.81	0.81	0.71	0.54	0.38	0.32	0.27	0.22	0.16	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04
S	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.09	0.16	0.23	0.38	0.58	0.75	0.83	0.80	0.68	0.50	0.35	0.27	0.19	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05
SSW	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.09	0.14	0.18	0.22	0.27	0.43	0.63	0.78	0.84	0.80	0.66	0.46	0.25	0.13	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06
SW	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.07	0.11	0.14	0.16	0.19	0.22	0.38	0.59	0.75	0.83	0.81	0.69	0.45	0.16	0.12	0.10	0.09	0.07	0.06
WSW	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.07	0.10	0.12	0.14	0.16	0.17	0.23	0.44	0.64	0.78	0.84	0.78	0.55	0.16	0.12	0.10	0.09	0.07	0.06
W	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.06	0.09	0.11	0.13	0.15	0.16	0.17	0.31	0.53	0.72	0.82	0.81	0.61	0.16	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06
WNW	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03	0.07	0.10	0.12	0.14	0.16	0.17	0.18	0.22	0.43	0.68	0.80	0.84	0.66	0.16	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06
NW	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.07	0.11	0.14	0.17	0.19	0.20	0.21	0.22	0.30	0.52	0.73	0.82	0.69	0.16	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06
NNW	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03	0.11	0.17	0.22	0.26	0.30	0.32	0.33	0.34	0.34	0.39	0.61	0.82	0.76	0.17	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06
HNW	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.12	0.27	0.44	0.59	0.72	0.81	0.85	0.85	0.81	0.71	0.58	0.42	0.25	0.14	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06

Reprinted with permission from the 1989 ASHRAE Handbook—Fundamentals.

Koefisien for roof and wall

Table 3.11 Thermal Properties and Code Numbers of Layers Used in Calculations of Coefficients for Roof and Wall

Description	Code Number	Thickness and Thermal Properties					
		L	K	D	SH	R	WT WT × SH
Outside surface resistance	A0					0.333	
1-in. Stucco (asbestos cement or wood siding plaster, etc.)	A1	0.0833	0.4	116	0.20	0.208	9.66 1.93
4-in. face brick (dense concrete)	A2	0.333	0.75	130	0.22	0.444	43.3 9.53
Steel siding (aluminum or other lightweight cladding)	A3	0.005	26.0	480	0.10	0.0002	2.40 0.24
Finish	A6	0.0417	0.24	78	0.26	0.174	3.25 0.85
Air space resistance	B1					0.91	
1-in. insulation	B2	0.083	0.025	2.0	0.2	3.32	0.17 0.03
2-in. insulation	B3	0.167	0.025	2.0	0.2	6.68	0.33 0.07
3-in. insulation	B4	0.25	0.025	2.0	0.2	10.03	0.50 0.10
1-in. insulation	B5	0.0833	0.025	5.7	0.2	3.33	0.47 0.10
2-in. insulation	B6	0.167	0.025	5.7	0.2	6.68	0.95 0.19
1-in. wood	B7	0.0833	0.07	37.0	0.6	1.19	3.08 1.85
2.5-in. wood	B8	0.2083	0.07	37.0	0.6	2.98	7.71 4.63
4-in. wood	B9	0.333	0.07	37.0	0.6	4.76	12.3 7.38
2-in. wood	B10	0.167	0.07	37.0	0.6	2.39	6.18 3.71
3-in. wood	B11	0.25	0.07	37.0	0.6	3.58	9.25 5.55
3-in. insulation	B12	0.25	0.025	5.7	0.2	10.0	1.42 0.28
4-in. clay tile	C1	0.333	0.33	70.0	0.2	1.01	23.3 4.66
4-in. l.w. concrete block	C2	0.333	0.22	38.0	0.2	1.51	12.7 2.54
4-in. h.w. concrete block	C3	0.333	0.47	61.0	0.2	0.71	20.3 4.06
4-in. common brick	C4	0.333	0.42	120	0.2	0.79	40.0 8.00
4-in. h.w. concrete	C5	0.333	1.0	140	0.2	0.333	46.6 9.32
8-in. clay tile	C6	0.667	0.33	70	0.2	2.02	46.7 9.34
8-in. l.w. concrete block	C7	0.667	0.33	38.0	0.2	2.02	25.4 5.08
8-in. h.w. concrete block	C8	0.667	0.6	61.0	0.2	1.11	40.7 8.14
8-in. common brick	C9	0.667	0.42	120	0.2	1.59	80.0 16.00
8-in. h.w. concrete	C10	0.667	1.0	140	0.2	0.667	93.4 18.68
12-in. h.w. concrete	C11	1.0	1.0	140	0.2	1.00	140.0 28.00
2-in. h.w. concrete	C12	0.167	1.0	140	0.2	0.167	23.4 4.68
6-in. h.w. concrete	C13	0.5	1.0	140	0.2	0.50	70.0 14.00
4-in. l.w. concrete	C14	0.333	0.1	40	0.2	3.33	13.3 2.66
6-in. l.w. concrete	C15	0.5	0.1	40	0.2	5.0	20.0 4.00
8-in. l.w. concrete	C16	0.667	0.1	40	0.2	6.67	26.7 5.34
Inside surface resistance	E0					0.685	
0.75-in. plaster; 0.75-in. gypsum or other similar finishing layer	E1	0.0625	0.42	100	0.2	0.149	6.25 1.25
0.5-in. slag or stone	E2	0.0417	0.83	55	0.40	0.050	2.29 0.92
0.375-in. felt membrane	E3	0.0313	0.11	70	0.40	0.285	2.19 0.88
Ceiling air space	E4					1.0	
Acoustic tile	E5	0.0625	0.035	30	0.20	1.786	1.88 0.38

¹ Units: L = ft; SH = Btu/(lb · deg F); K = Btu/(hr · ft · deg F); R = (hr · ft² · deg F)/Btu; D = lb/ft³; WT = lb/ft²; WT × SH = Btu/(ft² · F)

Koefisien transmision of masonry partition

Table 3.2F Coefficients of Transmission (U) and Heat Capacities of Masonry Partitions

Coefficients are expressed in Btu per (hour) (square foot) (degree Fahrenheit difference in temperature between the air on the two sides), and are based on still air (no wind) conditions on both sides. The Heat Capacity Units are $Btu/(ft^2 \cdot ^\circ F)$.

Construction	1 2 Resistance (R)		Heat Capacity	
	1	2	1	2
Replace Concrete Block with 4-in. Gypsum Tile (New Item 3)				
1. Inside surface (still air)	0.68	0.68	—	—
2. Plaster, lightweight aggregate, 0.625 in.	0.39	0.39	—	—
3. Concrete block, cinder aggregate, 4 in.	1.11	1.67	0.47	0.47
4. Plaster, lightweight aggregate, 0.625 in.	0.39	0.39	4.20	2.47
5. Inside surface (still air)	0.68	0.68	0.47	0.47
Total Thermal Resistance (R)	3.25	3.81	5.14	3.41

Construction No. 1: $U = 1/3.25 = 0.308$

Construction No. 2: $U = 1/3.81 = 0.262$

Koefisien transmision of masonry partition

Table 3.2E Coefficients of Transmission (U) and Heat Capacities of Masonry Cavity Walls

Coefficients are expressed in Btu per (hour) (square foot) (degree Fahrenheit difference in temperature between the air on the two sides), and are based on an outside wind velocity of 15 mph. The Heat Capacity Units are $Btu/(ft^2 \cdot ^\circ F)$.

Construction	1 2 Resistance (R)		Heat Capacity	
	Between Furring	At Furring	Between Furring	At Furring
Replace Furring Strips and Gypsum Wallboard with 0.625-in. Plaster (Sand Aggregate) Applied Directly to Concrete Block-Fill 2.5-in. Air Space with Vermiculite Insulation (New Items 3 and 7)				
1. Outside surface (15 mph wind)	0.17	0.17	—	—
2. Common brick, 8 in.	0.80	0.80	15.2	15.2
3. Nonreflective air space, 2.5 in. (30 F mean; 10 deg F temperature difference)	1.10*	1.10*	—	0.32
4. Concrete block, stone aggregate, 4 in.	0.71	0.71	5.1	5.1
5. Nonreflective air space 0.75 in. (50 F mean; 10 deg F temperature difference)	1.01	—	—	—
6. Nominal 1-in. \times 3-in. vertical furring	—	0.94	—	—
7. Gypsum wallboard, 0.5 in.	0.45	0.45	0.54	1.09
8. Inside surface (still air)	0.68	0.68	—	—
Total Thermal Resistance (R)	$R_1 = 4.92$	$R_2 = 4.85$	$R_1 = R_2 = 7.79$	20.8 21.7

Construction No. 1: $U_1 = 1/4.92 = 0.203$; $U_2 = 1/4.85 = 0.206$. With 20% framing (typical of 1-in. \times 3-in. vertical furring on masonry @16-in. o.c.), $U_{av} = 0.8(0.203) + 0.2(0.206) = 0.204$

Construction No. 2: $U_1 = U_2 = U_{av} = 1/7.79 = 0.128$

*Interpolated value from Table 3.4

**Calculated value from Table 3.1.

Koefisien panas trasmisi untuk kaca

Table 3.14A Overall Coefficients of Heat Transmission (*U*-Factor) of Windows and Skylights, Btu/(hr·ft²·F)

Description	Exterior Vertical Panels				Exterior Horizontal Panels (Skylights)	
	Summer**		Winter*		Summer ^j	Winter ⁱ
	No Indoor Shade	Indoor Shade***	No Indoor Shade	Indoor Shade***		
Flat Glass ^b						
Single Glass	1.04	0.81	1.10	0.83	0.83	1.23
Insulating Glass, Double ^c						
3/16 in. air space ^d	0.65	0.58	0.62	0.52	0.57	0.70
1/4 in. air space ^d	0.61	0.55	0.58	0.48	0.54	0.65
1/2 in. air space ^e	0.56	0.52	0.49	0.42	0.49	0.59
1/2 in. air space, low emittance coating ^f						
$e = 0.20$	0.38	0.37	0.32	0.30	0.36	0.48
$e = 0.40$	0.45	0.44	0.38	0.35	0.42	0.52
$e = 0.60$	0.51	0.48	0.43	0.38	0.46	0.56
Insulating Glass, Triple ^c						
1/4 in. air space ^d	0.44	0.40	0.39	0.31		
1/2 in. air space ^d	0.39	0.36	0.31	0.26		
Storm Windows						
1 in. to 4 in. air spaces ^d	0.50	0.48	0.50	0.42		
Plastic Bubbles ^k						
Single					0.80	1.15
Double					0.46	0.70

Table 3.14B Adjustment Factors for Various Window and Siding Patio Door Types (Multiply *U*-Values in Part A by These Factors)

Description	Single Glass	Double or Triple Glass		Storm Windows
		Single Glass	Triple Glass	
Windows				
All Glass ^b	1.00	1.00	1.00	
Wood Sash; 80% Glass	0.90	0.95	0.90	
Wood Sash; 60% Glass	0.80	0.85	0.80	
Metal Sash; 80% Glass	1.00	1.20 ^m	1.20 ^m	
Sliding Patio Doors				
Wood Frame	0.95	1.00	—	
Metal Frame	1.00	1.10 ^m	—	

* See Table 3.14B for adjustments for various windows and sliding patio doors.

^b Emissance of uncoated glass surface = 0.84.

^c Double and triple refer to number of lights of glass.

^d 0.125-in. glass.

^e 0.25-in. glass.

^f Coating on either glass surface facing air space; all other glass surfaces uncoated.

^g Window design: 0.25-in. glass, 0.125-in. glass, 0.25-in. glass.

^h Refers to windows with negligible opaque areas.

ⁱ For heat flow up.

^j For heat flow down.

^k Based on area of opening, not total surface area.

Faktor beban eksternal untuk kaca

Chapter 3 External Load Factors

3.25

Table 3.15 U-Factors for Summer Conditions
Btu/(hr·ft²·F)

Type*	Velocity of Air Sweeping Window, fpm			
	Still Air	185	275	365
CL & CL	0.56	0.64	0.66	0.67
HA & CL	0.56	0.64	0.66	0.67
Refi & CL	0.34	0.37	0.37	0.38

*CL = Clear 0.25-in. float; HA = Heat Absorbing 0.25-in. float;
Refi. = 0.25-in. reflective float.

Table 3.16 Overall Coefficient of Heat Transmission
(U-Factor; Btu/(hr·ft²·F) for Transparent Acrylic and
Polycarbonate Sheeting of Vertical Windows

Thickness, in.	U-Factor for Winter Heat Loss ¹				
	1/8 in.	3/16 in.	1/4 in.	3/8 in.	1/2 in.
Single-Glazed	1.06	1.01	0.96	0.88	0.81
Reflective*	—	—	0.88	—	—
Double-Glazed; 1/4-in. air space	0.55	0.52	0.49	—	—
Double-Glazed; 1/2-in. air space	0.47	0.45	0.43	—	—
Thickness, in.	U-Factor for Summer Heat Gain ²				
	1/8 in.	3/16 in.	1/4 in.	3/8 in.	1/2 in.
Single-Glazed	0.98	0.93	0.89	0.82	0.76
Reflective*	—	—	0.83	—	—
Double-Glazed; 1/4-in. air space	0.56	0.53	0.50	—	—
Double-Glazed; 1/2-in. air space	0.50	0.48	0.45	—	—

¹15 mph wind velocity.

²7.5 mph wind velocity.

*Aluminum metallized polyester film on plastic.

Table 3.17 Solar Optical Properties and Shading Coefficients
of Transparent Plastic Sheeting

Type of Plastic	Transmittance		SC
	Visible	Solar	
Acrylic			
Clear	0.92	0.85	0.98
Gray Tint	0.16	0.27	0.52
"	0.33	0.41	0.63
"	0.45	0.55	0.74
"	0.59	0.62	0.80
"	0.76	0.74	0.89
Bronze Tint	0.10	0.20	0.46
"	0.27	0.35	0.58
"	0.61	0.62	0.80
"	0.75	0.75	0.90
Reflective*	0.14	0.12	0.21
Polycarbonate			
Clear (0.125-in.)	0.88	0.82	0.98
Gray (0.125-in.)	0.50	0.57	0.74
Bronz (0.125-in.)	0.50	0.57	0.74

*Aluminum metallized polyester film on plastic.

month, latitude and orientation and a conversion factor, the Cooling Load Factor, CLF, thus:

$$q = A \times (SC) \times (SHGF_{max}) \times (CLF) \quad (3.4)$$

where

q = cooling load due to solar radiation through glass, Btu/hr

A = net glass area of the fenestration, ft²

SC = Shading Coefficient

(SHGF)_{max} = maximum SHGF for the month, latitude and orientation, Btu/(hr·ft²)

CLF = Cooling Load Factor

Konduktansi permukaan dan resistansi udara

Table 3.3 Surface Conductances and Resistances for Air

All conductor values expressed in $Btu/(hr \cdot ft^2 \cdot F)$.

A surface cannot take credit for both an air space resistance value and a surface resistance value.
No credit for an air space value can be taken for any surface facing an air space of less than 0.5 in.

SECTION A. Surface Conductances and Resistances ^{a,b}								SECTION B. Reflectance and Emittance Values of Various Surfaces and Effective Emittances of Air Spaces					
Position of Surface	Direction of Heat Flow	Surface Emittance						Surface	Reflectance in Percent	Average Emittance ^c	Effective Emittance <i>E</i> of Air Space		
		Non-reflective $\epsilon = 0.90$	$\epsilon = 0.20$		$\epsilon = 0.05$		One surface emittance ϵ ; the other 0.90				Both surfaces emittances ϵ		
			h_1	R	h_1	R						h_1	R
STILL AIR													
Horizontal	Upward	1.63	0.61	0.91	1.10	0.76	1.32	Aluminum foil, bright	92 to 97	0.05	0.05	0.03	
Sloping—45 deg	Upward	1.60	0.62	0.88	1.14	0.73	1.37	Aluminum sheet	80 to 95	0.12	0.12	0.06	
Vertical	Horizontal	1.46	0.68	0.74	1.35	0.59	1.70	Aluminum coated paper, polished	75 to 84	0.20	0.20	0.11	
Sloping—45 deg	Downward	1.32	0.76	0.60	1.67	0.45	2.22	Steel, galvanized, bright	70 to 80	0.25	0.24	0.15	
Horizontal	Downward	1.08	0.92	0.37	2.70	0.22	4.55	Aluminum paint	30 to 70	0.50	0.47	0.35	
MOVING AIR													
(Any Position)		h_a	R	h_a	R	h_a	R	Building materials: wood, paper, masonry, nonmetallic paints	5 to 15	0.90	0.82	0.82	
15-mph Wind (for winter)	Any	6.00	0.17					Regular glass	5 to 15	0.84	0.77	0.72	
7.5-mph Wind (for summer)	Any	4.00	0.25										

^aFor ventilated attics or spaces above ceilings under summer conditions (heat flow down) see Table 3.5.

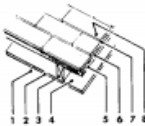
^bConductances are for surfaces of the stated emittance facing virtual blackbody surroundings at the same temperature as the ambient air. Values are based on a surface-air temperature difference of 10 deg F and for surface temperature of 70 F.

Koefisien transmisi untuk atap

Table 3.2K Coefficients of Transmission (U) and Heat Capacities of Pitched Roofs^a

Coefficients are expressed in Btu per (hour) (square foot) (degree Fahrenheit difference in temperature between the air on the two sides), and are based on an outside wind velocity of 15 mph for heat flow upward and 7.5 mph for heat flow downward. The Heat Capacity Units are $Btu/(hr \cdot ft^2 \cdot F)$.

Find U_p for same Construction 2 with Heat Flow Down (Summer Conditions)		1 Resistance (R)		2 Heat Capacity	
Construction 1 (Heat Flow Up) (Reflective Air Space)		Between Rafters	At Rafters	Between Rafters	At Rafters
1. Inside surface (still air)	0.62	0.62	0.76	—	—
2. Gypsum wallboard 0.5 in., foil backed	0.45	0.45	0.45	0.54	0.54
3. Nonmetal 2-in. × 4-in. ceiling rafter	—	—	4.38	—	—
4. 45 deg slope reflective air space, 3.5 in. (50 F mean, 10 deg F temperature difference)	2.17	—	4.33	—	—
5. Plywood sheathing, 0.625 in.	0.78	0.78	0.78	0.51	0.51
6. Felt building membrane	0.06	0.06	0.06	Neg	Neg
7. Asphalt shingle roofing	0.44	0.44	0.44	0.33	0.33
8. Outside surface (15-mph wind)	0.17	0.17	0.25**	0.25**	—
Total Thermal Resistance (R)	$R_p = 4.09$	$R_p = 6.90$	$R_p = 7.07$	$R_p = 7.12$	1.38
Construction No. 1: $U_p = 1/4.09 = 0.245$; $U_p = 1/6.90 = 0.145$. With 10% framing (typical of 2-in. rafters @16-in. o.c.), $U_p = 0.9(0.245) + 0.1(0.145) = 0.236$					
Construction No. 2: $U_p = 1/7.07 = 0.141$; $U_p = 1/7.12 = 0.140$. With framing unchanged, $U_p = 0.9(0.141) + 0.1(0.140) = 0.141$					
Find U_p for same Construction 2 with Heat Flow Down (Summer Conditions)		3 Resistance (R)		4 Heat Capacity	
Construction 1 (Heat Flow Up) (Non-Reflective Air Space)		Between Rafters	At Rafters	Between Rafters	At Rafters
1. Inside surface (still air)	0.62	0.62	0.76	0.76	—
2. Gypsum wallboard, 0.5 in.	0.45	0.45	0.45	0.45	0.54
3. Nonmetal 2-in. × 4-in. ceiling rafter	—	—	4.38	—	—
4. 45 deg slope, nonreflective air space, 3.5 in. (50 F mean, 10 deg F temperature difference)	0.96	—	0.96*	—	—
5. Plywood sheathing, 0.625 in.	0.78	0.78	0.78	0.78	0.51
6. Felt building membrane	0.06	0.06	0.06	0.06	Neg
7. Asphalt shingle roofing	0.44	0.44	0.44	0.44	0.33
8. Outside surface (15-mph wind)	0.17	0.17	0.25**	0.25**	—
Total Thermal Resistance (R)	$R_p = 3.48$	$R_p = 6.90$	$R_p = 3.64$	$R_p = 7.12$	1.38



Koefisien transmisi untuk tembok

Table 3.2D Coefficients of Transmission (U) and Heat Capacities of Masonry Walls

Coefficients are expressed as Btu per (hour) (square foot) (degree Fahrenheit) difference in temperature between the air on the two sides, and are based on an outside wind velocity of 15 mph. The Heat Capacity Units are Btu/ft²-°F.

Construction	Replace Cinder Aggregate Block with 6-in. Light-weight Aggregate Block with Cavity Filled (New Item 4)				Heat Capacity	
	Resistances (R)				1	2
	Between Furring	At Furring	Between Furring	At Furring	Between Furring	At Furring
1. Outside surface (15 mph wind)	0.17	0.17	0.17	0.17	—	—
2. Face brick, 4 in.	0.44	0.44	0.44	0.44	8.23	8.23
3. Cement mortar, 0.5 in.	0.10	0.10	0.10	0.10	0.47	0.91
4. Concrete block, cinder aggregate, 8 in.	1.72	1.72	2.99	2.99	7.90	7.36
5. Reflective air space, 0.75 in. (50 F mean; 30 deg F temperature difference)	2.77	—	2.77	—	—	—
6. Nominal 1-in. x 3-in. vertical furring	—	0.94	—	0.94	—	—
7. Gypsum wallboard, 0.5 in., fast backed	0.45	0.45	0.45	0.45	0.54	0.54
8. Inside surface (still air)	0.68	0.68	0.68	0.68	—	—
Total Thermal Resistance (R)	$R_T = 6.33$ $R_T = 4.50$ $R_T = 7.60$ $R_T = 5.77$				17.64	17.64

Koefisien bayangan untuk kaca

Table 3.20 Shading Coefficients for Single and Insulating Glass with Draperies

Glazing	Glass Trans.	Glass SC*	SC for Index Letters in Fig. 3.1**									
			A B		C D		E F		G H		I J	
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Single Glass												
1/4 in. Clear	0.80	0.95	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
1/2 in. Clear	0.71	0.88	0.74	0.70	0.66	0.61	0.56	0.52	0.48	0.43	0.39	0.35
1/4 in. Heat Abs.	0.46	0.67	0.57	0.54	0.52	0.49	0.46	0.44	0.41	0.38	0.36	0.33
1/2 in. Heat Abs.	0.24	0.50	0.43	0.42	0.40	0.39	0.38	0.36	0.34	0.33	0.32	0.30
Reflective Coated (See Manufacturers' literature for exact values)	—	0.60	0.57	0.54	0.51	0.49	0.46	0.43	0.41	0.38	0.36	0.33
	—	0.50	0.46	0.44	0.42	0.41	0.39	0.38	0.36	0.34	0.33	0.31
	—	0.40	0.36	0.35	0.34	0.33	0.32	0.30	0.29	0.28	0.27	0.26
	—	0.30	0.25	0.24	0.24	0.23	0.23	0.23	0.22	0.21	0.21	0.20
Insulating Glass (1/2 in. Air Space)												
Clear Out and Clear In	0.64	0.83	0.66	0.62	0.58	0.56	0.52	0.48	0.45	0.42	0.37	0.35
Heat Abs. Out and Clear In	0.37	0.56	0.49	0.47	0.45	0.43	0.41	0.39	0.37	0.35	0.33	0.32
Reflective Coated (see Manufacturers' literature for exact values)	—	0.40	0.38	0.37	0.37	0.36	0.34	0.32	0.31	0.29	0.28	0.28
	—	0.30	0.29	0.28	0.27	0.27	0.26	0.26	0.25	0.25	0.24	0.24
	—	0.20	0.19	0.19	0.18	0.18	0.17	0.17	0.16	0.16	0.15	0.15

Penambahan panas dari peralatan

TABLE 6.15 HEAT GAIN FROM EQUIPMENT

Appliance	Size	Recommended Rate of Heat Gain, BTU/hr			
		Without Hood			With Hood
		Sensible	Latent	Total	Sensible
Restaurant, electric blender, per quart of capacity	1 to 4 qt	1000	520	1520	480
Coffee brewer	12 cups/2 brms	3750	1910	5660	1810
Coffee heater, per warming burner	1 to 2 brms	230	110	340	110
Display case (refrigerated), per ft ³ of interior	6 to 67 ft ³	62	0	62	0
Hot plate (high-speed double burner)		7810	5430	13,240	6240
Ice maker (large)	220 lb/day	9320	0	9320	0
Microwave oven (heavy-duty commercial)	0.7 ft ³	8970	0	8970	0
Toaster (large pop-up)	10 slice	9590	8500	18,080	5800

Appliance	Size	Recommended Rate of Heat Gain, BTU/hr	
Computer Devices			
Communication/transmission		5600-9600	
Disk drives/mass storage		3400-22,400	
Microcomputer/word processor	16-640 kbytes	300-1800	
Minicomputer		7500-15,000	
Printer (laser)	8 pages/min	1000	
Printer (line, high-speed)	5000 or more pages/min	2500-13,000	
Tape drives		3500-15,000	
Terminal		270-600	
Copiers/Typesetters			
Blue print		3900-42,700	
Copiers (large)	30-67 copies/min	1700-6600	
Copiers	6-30 copies/min	460-1700	
Miscellaneous			
Cash register		160	
Cold food/beverage		1960-3280	
Coffeemaker	10 cup	sensible	3580
		latent	1540
Microwave oven	1 ft ³	1360	
Paper shredder		680-8250	
Water cooler	8 gal/hr	6000	

Abridged with permission from the 1993 ASHRAE Volume—Fundamentals.

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Tulungagung, 02 Nopember 1993, merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Dharma Wanita Janti, SDN Janti II, SMPN 1 Waru, SMA Kemala Bhayangkari 1 Surabaya. Setelah lulus dari SMA tahun 2012 dan lulus dari D3 T.Mesin ITS tahun 2016.

Pada tahun 2016 penulis mengikuti ujian masuk program Lintas Jalur ITS dan diterima sebagai mahasiswa di Program Studi S1 Teknik Mesin. Di Program Studi S1 Teknik Mesin, penulis mengambil bidang keahlian Perpindahan Panas dan mengambil tugas akhir dibidang yang sama . Penulis banyak mengikuti beberapa kegiatan diluar seperti menjadi koordinator hubungan masyarakat di Gerakan Melukis Harapan dolly dan mengikuti beberapa kepanitiaan acara yang diadakan oleh IKA ITS PW Jatim seperti Festival Kampoeng dolanan, Buka Bersama 1000 Anak Yatim dan menjadi alumni FIM 20 Pelatwil 4

Email : *acepranta@gmail.com*